

Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden korkeakoulu  
Energiatekniikan koulutusohjelma

Jyrki Vassinen

# Kehittyvien valtioiden päästöt ja tavoitteet Pariisin ilmastopöytäkirjan jälkeen

Diplomityö  
Espoo, 27. Marraskuuta 2017

Valvoja: Professori Sanna Syri  
Ohjaaja: Diplomi-insinööri Mikko Wahlroos

Aalto University  
 School of Engineering  
 Degree Programme in Energy Technology

ABSTRACT OF  
 MASTER'S THESIS

<b>Author:</b>	Jyrki Vassinen		
<b>Title:</b>	Emissions and targets of developing countries after the Paris Agreement		
<b>Date:</b>	Nov 27, 2017	<b>Pages:</b>	96
<b>Major:</b>	Energy technology	<b>Code:</b>	K3007
<b>Supervisor:</b>	Professor Sanna Syri		
<b>Advisor:</b>	Mikko Wahlroos M.Sc. (Tech.)		
<p>The Paris Agreement was adopted by almost global consensus on December 2015. The goal was set to keeping a global temperature rise below 2 degrees Celsius above pre-industrial levels. For the first time in a global agreement developing countries also set their own targets to reduce emissions. These targets are created as ambitious as possible taking into account common but differentiated responsibility.</p> <p>This master's thesis studies the development of the emission targets and other climate goals set by Mexico, South Africa and Indonesia as part of the UNFCCC and Paris Agreement. The intended nationally determined contributions by the three countries are evaluated using results of three global burden sharing models. The models used are "Triptych", "Multistage" and a cost-optimised "Equal Cost" model produced by the TIMES energy model. Based on the results the emission targets by Mexico appear fair by 2050 in the "Triptych" model. Secondly all targets set by South Africa can be considered fair. Lastly, without a cap on emissions the targets set by Indonesia require more improvement.</p> <p>The targets of each country are evaluated using a SWOT analysis. Significant change is required in the energy sectors of each country. In addition the LU-LUCF sector and peat fires of Indonesia are studied. This sector generates half of Indonesia's total GHG emissions. Additionally, each country varies in climate strategy and climate legislation. For example all of Mexico's emission targets are legally binding while South Africa relies mostly on policies and climate strategy. A low-carbon economy and a binding global climate agreement can act as a financial incentive for the selected countries. In this master's thesis other climate goals such as goals for clean energy are studied.</p>			
<b>Keywords:</b>	climate change, Paris agreement, emissions, burden sharing, Mexico, South Africa, Indonesia, Triptych, Multistage		
<b>Language:</b>	Finnish		

<b>Tekijä:</b>	Jyrki Vassinen		
<b>Työn nimi:</b>	Kehittyvien valtioiden päästöt ja tavoitteet Pariisin ilmastopimuksen jälkeen		
<b>Päiväys:</b>	27. Marraskuuta 2017	<b>Sivumäärä:</b>	96
<b>Pääaine:</b>	Energiatekniikka	<b>Koodi:</b>	K3007
<b>Valvoja:</b>	Professori Sanna Syri		
<b>Ohjaaja:</b>	Diplomi-insinööri Mikko Wahlroos		
<p>Pariisin ilmastopimus solmittiin joulukuussa 2015. Lähes koko maailma sitoutui tavoitteeseen pysäyttää ilmaston lämpeneminen alle kahden celsiusasteen verrattuna esiteollisiin aikoihin. Ensimmäistä kertaa Pariisin ilmastopimuksessa myös kehittyvät valtiot antoivat omat tavoitteensa päästöjen vähentämiselle. Näiden tavoitteiden toivotaan olevan mahdollisimman kunnianhimoisia, mutta nopean teollistumisen aikana kasvavat päästöt ovat odotettuja.</p> <p>Tässä diplomityössä tutkitaan Meksikon, Etelä-Afrikan ja Indonesian päästötavoitteiden ja muiden ilmastotavoitteiden kehitystä osana YK:n ilmastomuutoskonventtia ja Pariisin ilmastopimusta. Maiden antamia päästötavoitteita verrataan globaalien taakanjakomallien avulla luotuihin päästöarvoihin. Käytetyt taakanjakomallit ovat “Triptych”, “Multistage” ja TIMES kustannusoptimoitu “Equal Cost” -malli. Työssä saatujen tulosten perusteella Meksikon päästötavoitteet ovat Triptych-taakanjaossa globaalisti reilut ja Etelä-Afrikassa tavoitteet ovat kokonaisuudessaan hyvät. Indonesia ei ole asettanut päästökattoa ja päästötavoitteet vaativat kehittämistä.</p> <p>Tavoitteiden toteutumista arvioidaan SWOT-analyysin avulla. Tutkittujen maiden energiasektoreissa täytyy tapahtua suuria muutoksia. Lisäksi Indonesiassa metsäsektorin ja turvepalojen hallitseminen on tärkeää, koska niiden muodostamat päästöt ovat noin puolet maan kokonaispäästöistä. Tavoitteiden toteuttamiseksi valitut maat hyödyntävät poliittisia linjauksia ja lakeja eri tavoin. Esimerkiksi Meksikossa päästötavoitteet ovat laissa sitovia. Sen sijaan Etelä-Afrikassa suositaan poliittisia linjauksia ja suunnitelmia. Vähäpäästöinen talous ja kansainvälinen ilmastopimus voi hyödyttää kehittyviä valtioita taloudellisesti. Tässä diplomityössä tutkitaan myös valittujen maiden muita ilmastotavoitteita, kuten puhtaan energian tavoitteita.</p>			
<b>Asiasanat:</b>	ilmastonmuutos, Pariisin ilmastopimus, päästöt, taakanjako, Meksiko, Etelä-Afrikka, Indonesia, Triptych, Multistage		
<b>Kieli:</b>	Suomi		

# Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Aalto-yliopiston energiatekniikan laitokselle. Työn aihe syntyi mielenkiinnosta kehittyvien valtioiden itse asettamia ilmastotavoitteita kohtaan. Valittujen valtioiden panostus ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi oli positiivinen yllätys.

Kiitos Mikko Wahlroos työn ohjauksesta ja monista hyvistä ideoista, jotka muokkasivat työn nykyiseen muotoonsa. Erityiskiitos professori Sanna Syril-le, jonka avulla alkuperäinen ajatus työlle syntyi ja eteni ilman ongelmia. Taakanjakotutkimuksen lisätiedoista kiitos tekniikan tohtori Tommi Ekholmille.

Lisäksi haluan kiittää Kaisa Koivurantaa kannustuksesta ja avusta tekstin viimeistelyssä. Kiitokset kuuluvat myös vanhemmilleni kärsivällisyydestä ja kiinnostuksesta työtä kohtaan.

Espoo, 27. Marraskuuta 2017

Jyrki Vassinen

# Lyhenteet

BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional; Indonesian suunnitteluministeriö
CFE	Comisión Federal de Electricidad; Meksikon valtion sähköyhtiö
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research; Etelä-Afrikan johtava tutkimuslaitos
DEA	Department of Environmental Affairs; Etelä-Afrikan ympäristöministeriö
DoE	Department of Energy; Etelä-Afrikan energiaministeriö
ETSAP-TIAM	Energy Technology Systems Analysis Program TI-MES Integrated Assessment Model; Energiasysteemi-malli
EVOC	Evolution of Commitments
IEA	International energy agency;
IEP	Integrated Energy Plan; Etelä-Afrikan energiasuunnitelma
INCAS	Indonesian National Carbon Accounting System; Indonesian päästöjärjestelmä
INDC	Intended Nationally Determined Contribution; Ta-voitteet Pariisin ilmastopöytäkirjassa
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático; Meksikon ilmastomuutoksen tutkimuslaitos
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRP	Integrated Resource Plan; Etelä-Afrikan energiami-nisteriön sähköntuotantosuunnitelma
KEN	Kebijakan Energi Nasional; Indonesian kansallinen energiapolitiikka

LAERFTE	Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética; Meksikon vanhentunut laki uusiutuvan energian käytölle
LTMS	Long term mitigation scenarios; Etelä-Afrikan vanhentunut päästövähennyssuunnitelma
LULUCF	maankäyttö, maankäytön muutos ja metsäsektori
NCCR	National Climate Change Response White Paper; Etelä-Afrikan ilmastomuutossuunnitelma
PECC	Programa Especial de Cambio Climático; Ilmastomuutoksen erikoisohjelma
PEMEX	Petróleos Mexicanos; Meksikon valtion öljy-yhtiö
PLN	Perusahaan Listrik Negara; Indonesian valtion sähköyhtiö
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistem Eléctrico Nacional; Meksikon energiaministeriön ohjelma energiajärjestelmän kehittämiseksi
RAN-GRK	Penuruan Emisi Gas Rumah Kaca; Indonesian toimitasuunnitelma päästöjen vähentämiseksi
REIPPP	Renewable Energy Independent Power Procurement Program; Etelä-Afrikan ohjelma yksityisen uusiutuvan sähköntuotannon kasvulle
RENE	Registro Nacional de Emisiones; Meksiko päästöreisteri
RUEN	Indonesian kansallinen energiasuunnitelma
RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik; Indonesian sähköntuotannon talouskatsaus
SENER	Secretaría de Energía; Meksikon energiaministeriö
SINACC	Sistema Nacional de Cambio Climático; Meksikon ilmastomuutosjärjestelmä
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats; Vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat
TIMES	The Integrated Markal-EFOM järjestelmä
TPES	Kokonaisprimäärienergiankulutus
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change; YK:n ilmastomuutoskonventti
WHO	World Health Organization; Maailman terveysjärjestö

# Sisältö

<b>Lyhenteet</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>10</b>
1.1 Tutkimuksen tausta . . . . .	10
1.2 Tutkimuksen tavoite . . . . .	10
1.3 Tutkimuksen rakenne ja rajaus . . . . .	11
<b>2 Pariisin ilmastopöytäkirja</b>	<b>12</b>
2.1 Historia . . . . .	12
2.2 Sopimuksen avainkohdat . . . . .	13
<b>3 Päästöjen globaali taakanjako</b>	<b>15</b>
3.1 Yleinen . . . . .	15
3.2 Triptych, Multistage ja Equal cost . . . . .	16
3.3 Päästöjen taakanjako Meksikossa, Etelä-Afrikassa ja Indonesiassa . . . . .	17
<b>4 Meksiko</b>	<b>19</b>
4.1 Tausta . . . . .	19
4.2 Päästöt . . . . .	20
4.3 Ilmanlaatu . . . . .	22
4.4 Ilmastonmuutoksen haitat . . . . .	23
4.5 Energiasektori . . . . .	24
4.5.1 Yleinen . . . . .	24

4.5.2	Meksikon energiareformi . . . . .	25
4.5.3	Sähköntuotanto . . . . .	25
4.5.4	Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali . . . . .	26
4.6	Ilmastotavoitteet ja -strategia . . . . .	27
4.6.1	Yleinen . . . . .	27
4.6.2	Yleinen ilmastonmuutoslaki 2012 ja ilmastostrategia . .	29
4.6.3	Ilmastonmuutosjärjestelmä SINACC . . . . .	30
4.6.4	Puhtaan energian tavoitteet . . . . .	32
4.6.5	Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteet . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Etelä-Afrikka</b>	<b>36</b>
5.1	Tausta . . . . .	36
5.2	Päästöt . . . . .	37
5.3	Ilmanlaatu . . . . .	39
5.4	Ilmastonmuutoksen riskit . . . . .	41
5.5	Energiasektori . . . . .	41
5.5.1	Yleinen . . . . .	41
5.5.2	Eskom ja sähkön tuotanto-ongelmat 2007–2015 . . . .	42
5.5.3	Sähköntuotanto ja tulevaisuuden kehitys . . . . .	43
5.5.4	Yksityiset sähköntuottajat . . . . .	44
5.5.5	Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali . . . . .	45
5.6	Ilmastotavoitteet ja -strategia . . . . .	45
5.6.1	Yleinen . . . . .	45
5.6.2	Ilmastostrategia . . . . .	46
5.6.3	Puhtaan energian tavoitteet . . . . .	48
5.6.4	Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteet . . . . .	48
<b>6</b>	<b>Indonesia</b>	<b>50</b>
6.1	Tausta . . . . .	50
6.2	Päästöt . . . . .	51
6.3	Ilmastonmuutoksen uhkatekijät . . . . .	54



6.4	Indonesian metsäkato . . . . .	54
6.5	Energiasektori . . . . .	57
6.5.1	Yleinen . . . . .	57
6.5.2	Sähköntuotanto . . . . .	58
6.5.3	Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali . . . . .	59
6.6	Ilmastotavoitteet ja -strategia . . . . .	61
6.6.1	Yleinen . . . . .	61
6.6.2	Ilmastostrategia . . . . .	62
6.6.3	Uusiutuvan energian tavoitteet . . . . .	63
6.6.4	Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet ja vaikutus energiasektoriin . . . . .	64
<b>7</b>	<b>Maiden vertailu</b>	<b>68</b>
<b>8</b>	<b>Tulokset</b>	<b>71</b>
8.1	Meksiko . . . . .	71
8.1.1	Päästötavoitteiden arviointi . . . . .	71
8.1.2	SWOT-analyysi . . . . .	73
8.2	Etelä-Afrikka . . . . .	75
8.2.1	Päästötavoitteiden arviointi . . . . .	75
8.2.2	SWOT-analyysi . . . . .	76
8.3	Indonesia . . . . .	80
8.3.1	Päästötavoitteiden arviointi . . . . .	80
8.3.2	SWOT-analyysi . . . . .	83
<b>9</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>85</b>

# Luku 1

## Johdanto

### 1.1 Tutkimuksen tausta

YK:n ilmastonmuutoskonventin (englanniksi *United Nations Framework Convention on Climate Change* UNFCCC:n tavoite on rajoittaa ihmisen aiheuttamaa ilmastonmuutosta ja kasvihuonepäästöjen määrää ilmakehässä turvalliselle tasolle. Pariisin ilmastokokouksessa solmittu ilmastopöytäkirja asettaa tavoitteeksi rajoittaa ilmaston lämpeneminen korkeintaan kahteen celsiusasteeseen, jatkaen ponnisteluja kohti 1,5 celsiusastetta. Tämä maailmanlaajuisen yhteinen tavoite vaatii toimia jokaiselta sopimuksen allekirjoittaneelta, mutta ottaa huomioon kehittyvien maiden tarpeet ja erikoistilanteet.

Taakka päästövähennyksistä ei jakaudu kaikille maille tasaisesti. On kohtuullista, että suurin vastuu lähivuosien päästövähennyksistä on kehittyneillä valtioilla, jotka ovat hyötynneet talouskasvunsa aikana rajoittamattomista päästötasoista. Toisaalta kehittyvien valtioiden osuus maailman kokonaispäästöistä tulee olemaan hyvin nopeasti valtaisa, ja ilmastopöytäkirjan tavoitteiden kannalta näiden maiden merkitys on suuri. On mahdollista, että paremman teknologian ja tiedon avulla kehittyvät valtiot voivat hyötyä teollisuuskasvusta, jolla ei ole niin suuri haitallinen päästövaikutus.

### 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää ovatko kehittyvien valtioiden päästötavoitteet Pariisin ilmastopöytäkirjassa riittäviä ilmastopöytäkirjan tavoitteiden kannalta. Osatavoitteena on selvittää ovatko nämä tavoitteet rea-

listisia maiden omien kykyjen perusteella.

### 1.3 Tutkimuksen rakenne ja raja

Tässä diplomityössä tutkitaan kolmea kehittyvää valtiota: Meksikoa, Etelä-Afrikkaa ja Indonesi

Meksikon, Etelä-Afrikan ja Indonesian historialliset päästötiedot, arvio päästöjen kehityksestä ja voimassa olevat päästötavoitteet esitetään tutkimuksen tuloksissa. Päästötavoitteita verrataan globaalien taakanjakomallien perusteella luotuihin raja-arvoihin. Tulosten pohjalta voidaan arvioida päästötavoitteiden reiluutta globaalilla tasolla.

Valtioiden päästötavoitteiden ja muiden tavoitteiden toteutumista arvioidaan SWOT-analyysin avulla (*vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat*). Analyysissä huomioidaan maiden tarkastelussa löydetty heikkoudet ja vahvuudet. Analyysissä käsitellään tavoitteiden toteutumista edistävät mahdollisuudet ja mahdolliset heikentävät uhkatekijät.

## Luku 2

# Pariisin ilmastosopimus

### 2.1 Historia

Pariisin ilmastosopimus solmittiin joulukuun 12. päivä 2015 Pariisin ilmastokokouksessa (COP21). Sopimus on ensimmäinen maailmanlaajuinen ja laissa sitova ilmastosopimus. Sopimus astui voimaan 5. lokakuuta 2016, kun yli 55 prosenttia sopimuksen allekirjoittaneesta 197:stä maasta ratifioi sopimuksen. Tällä hetkellä sopimuksen on ratifioinut 131 maata. [1]

Pariisin ilmastosopimus on monien vuosien neuvottelujen tulos. Vuonna 2007 Balin ilmastokokouksessa Indonesiassa (COP13) neuvoteltiin Kioton pöytäkirjan seuraajasta. Lopputuloksena hyväksyttiin niin sanottu ”Balin tiekartta” (englanniksi Bali Road Map), joka määritteli aikataulun uudelle kansainväliselle sopimukselle vuonna 2009. Aikataulun mukaisesti vuonna 2009, Kööpenhaminan ilmastokokouksessa luotiin Kööpenhaminan sopimus, jonka hyväksyi noin kolmekymmentä maata. Vaikka YK ei vahvistanut sopimusta, osa sen tavoitteista muutettiin viralliseksi seuraavassa ilmastokokouksessa Cancúnissa. [2][1]

Vuoden 2010 Cancúnin ilmastokokouksessa Meksikossa hyväksyttiin ensimmäisen kerran tavoite pysäyttää ilmastomuutos alle kahden celsiusasteen verrattuna esiteollisiin lämpötilatasoihin. Lisäksi päästöjen valvontaa ja raportointia vahvistettiin. Teollistuneiden maiden tulee lähettää vuosittain kasvihuonepäästötietonsa, ja joka toinen vuosi maan kaksivuotisraportti. Lisäksi kehittyvien maiden toivotaan pyrkivän luomaan vastaavat raportit omien kykyjensä mukaan ja saavat tarvittaessa tukea ilmastomuutoskonventilta. [3] Esimerkiksi tässä diplomityössä käsitelty Etelä-Afrikka sai päästö- ja kaksivuotisraporttiinsa taloudellista tukea kansainväliseltä järjestöltä. [4][5]

Ilmastonmuutoskonventti sopi kansainvälisen sopimuksen luomisesta vuonna 2011 Durbanin ilmastokokouksessa, Etelä-Afrikassa. Tämä sopimus esitettiin luotavaksi vuoteen 2015 ja aikataulun mukaisesti luotiin lopulta Pariisin ilmastokokouksessa. [6] Varsovan ilmastokokouksessa 2013 hyväksyttiin, että jokainen maa antaa oman panoksensa ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi (englanniksi *Intended Nationally Determined Contribution*, lyhennetään INDC). Liman ilmastokokouksessa 2014 vaadittiin, että nämä lupaukset on valmisteltu selkeästi ja ymmärrettävässä muodossa, jotta niitä voidaan hyödyntää vuoden 2015 sopimuksessa. Lisäksi Limassa hyväksyttiin joitain osia ilmastosopimuksen vedoksesta esimerkiksi INDC:n rakenne ja aikataulu. [1] Lopulta vuonna 2015 luotiin Pariisin ilmastosopimus.

## 2.2 Sopimuksen avainkohdat

Tässä kappaleessa ovat Pariisin ilmastosopimuksen tärkeimmät tavoitteet, vaatimukset ja merkittävimmät erot teollistuneiden ja kehittyvien maiden välillä. Kappaleessa keskitytään ilmastosopimuksen kohtiin, jotka ovat tämän diplomityön kannalta merkittäviä.

Ilmastosopimuksen artikla 2 määrittelee sopimuksen tavoitteet. Ensimmäisenä tavoitteena on hillitä ilmastonmuutoksen kehitystä ja rajoittaa maapallon lämpeneminen huomattavasti alle kahden celsiusasteen verrattuna esiteollisiin aikoihin. Lämpötilan nousua pyritään rajoittamaan edelleen kohti 1,5 celsiusastetta. Vähennystoimien lisäksi jokaisen maan toivotaan edistävän omaa sopeutumistaan ilmastonmuutokseen. Sekä hillintä- että sopeutumistoimet edellyttävät kestäväää taloutta, mahdollista uutta teknologiaa ja rakennuskapasiteettia. Sopimus pyrkii ottamaan huomioon nämä tekijät ja tukemaan kehittyviä tai ilmastonmuutoksen vuoksi vaarantuneita maita. Koska tavoitteet ovat yhteiset, sopimus korostaa ja toivoo läpinäkyvyyttä päästötietojen kartoituksessa ja maiden välisessä yhteistyössä. [7]

Tavoitteiden saavuttamiseksi ilmastosopimuksen allekirjoittaneet maat valmistelevat ja esittävät oman INDC:n. Tämä tavoite, joka on määritelty artiklassa 4, sisältää kunkin maan sisäisiä ilmastonmuutoksen vähennystoimia, ja on niin kunnianhimoinen kuin mahdollista. INDC uusitaan viiden vuoden välein ja jokainen uudistus tulee viedä tavoitteita kunnianhimoisempaan suuntaan. Lisäksi jokaisen maan toivotaan esittävän pitkän tähtäimen tavoitteet matalille kasvihuonepäästöille. [7]

Ilmastosopimus ottaa huomioon erot kehittyvien ja jo teollistuneiden maiden välillä. Vaikka tavoitteet ovat yhteiset, kukin maa ottaa huomioon omat kan-

salliset rajoitteensa ja erikoistilanteensa. Jo teollistuneet maat ottavat vastuun lähivuosien päästövähennyksistä. Kehittyvien valtioiden toivotaan kehittävän päästöjen vähentämistä ja siirtyvän ehdottomiin päästövähennyksiin heti kuin mahdollista. Jotta kehittyvät valtiot selviytyisivät tavoitteistaan, sopimus lupaa jatkuvaa ja kasvavaa kansainvälistä tukea. Artikla 9:n mukaan teollisuusmaiden tulee tukea kehittyviä maita taloudellisesti sekä päästöjen vähentämisessä että ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Muu tuki voi olla esimerkiksi tarvittavan teknologian siirtoa tai avunantoa tarvittavan kapasiteetin rakentamiseksi. [7]

Ilmastososopimus esittää hiilinielut mahdollisina vähennyskeinona kasvihuonepäästöille. LULUCF vaikuttaa luonnollisiin hiilinieluihin kuten metsiin, biomassaan ja meriin. Näin ollen, jäsenmaiden toivotaan luovan positiivisia kannustimia, jotka vähentäisivät metsien hävittämistä ja tukisivat metsien hoitoa ja kasvatusta. LULUCF:n aiheuttamat päästöt ja hiilinielut on ilmoitettu yhdessä muiden päästötietojen kanssa YK:n kasvihuonepäästöinventaariossa. [7]

## Luku 3

# Päästöjen globaali taakanjako

### 3.1 Yleinen

Pariisin ilmastopöytäkirjassa valtiot asettavat omat tavoitteensa. Kuitenkin toiveena on, että teollistuneiden valtioiden päästöjen vähennykset lähivuosina ovat suurempia kuin kehittyvien valtioiden. Pidemmällä aikavälillä myös kehittyvien valtioiden oletetaan ottavan vastuu päästövähennyksistä. [7] Tämä on esimerkki porrastetusta taakanjaosta, jossa vastuu vähennyksistä kasvaa teknologian, osaamisen ja tiedon mukaan.

Globaali taakanjako voidaan toteuttaa monella eri tavoin. Ongelmana taakanjaossa on säilyttää mallissa riittävä läpinäkyvyys, mutta ottaa huomioon valtioiden erikoistilanteet ja kyky vähentää päästöjä. Yksinkertaisia taakanjakomalleja ovat esimerkiksi yhdenmukaiset päästöt per capita tai päästöjen rajoittaminen esimerkiksi vuoden 1990 päästöihin. Yksinkertaisten taakanjakomallien ongelmana on kehittyvien ja teollistuneiden valtioiden erimielisyydet ilmastoneuvotteluissa. Varsinkin yksinkertaiset mallit suosivat jompaa kumpaa valtiotyyppiä, mikä estää neuvotteluiden etenemisen. Toisaalta monimutkaisten taakanjakomallien ymmärtäminen ja selittäminen neuvottelutilanteissa voi olla haastavaa. [8]

Tässä diplomityössä käytetään vuoden 2008 Ekholm. et al globaalin taakanjakomallitutkimuksen tuloksia ja lähtökohtia [9]. Tutkimuksen alkutilanne eli globaali päästörajojen jako on luotu historiallisten päästötietojen ja *Evolution of Commitments* (EVOC) -mallin avulla. Saatuun alkutilanteeseen sovelletaan Triptych- ja Multistage -taakanjakomenetelmiä. Päästötasojen tulevaisuuden kehityksen mallinnukseen tutkimuksessa on käytetty yksityiskohtaista globaalia energiasysteemimallia ETSAP-TIAM (englanniksi *Ener-*

*gy Technology Systems Analysis Program TIMES Integrated Assessment Model*). Tämän energiasysteemimallin avulla saadaan kustannusoptimoitu ratkaisu nimeltään *Equal cost*.

Tähän diplomityöhön on valittu Ekholm. et al.-tutkimuksen kahden celsiusasteen alkuasetelma, joka vastaa Pariisin ilmastopöytäkirjasta. Käytetyt taakanjakomallit ovat Triptych, Multistage ja Equal cost.

ETSAP-TIAM, joka kehitettiin Kansainvälisen energiajärjestö (englanniksi *International Energy Agency*, lyhennetään IEA) ETSAP-ohjelmassa, perustuu yhdenmukaiseen arviointimallinnukseen, TIMES (englanniksi *The Integrated Markal-EFOM System*). TIMES-malli sisältää valtavan määrän tietoa ja muuttujia. Ekholm et al.-tutkimuksessa TIMES-mallin suurin yksittäinen vaikutus on alueen bruttokansantuotteen kasvulla. [9]

## 3.2 Triptych, Multistage ja Equal cost

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti miten Ekholm et al.-tutkimuksessa käytetyt monimutkaisemmat taakanjakomallit Triptych, Multistage ja Equal Cost on luotu. [9]

Triptych taakanjakomalli ottaa huomioon valtioiden väliset erot ja mahdollisuudet päästövähennyksille. Valtion eri sektoreille asetetaan sääntöjä, kuten fossiilisten polttoaineiden käyttörajoituksia tai minimiarvoja uusiutuville energianlähteille. Jokaisella sektorilla on joustava päästötavoite, jotka yhdessä muodostavat sitovan tavoitteen koko valtiolle. Lopputuloksena on päästövähennysmalli, joka on mahdollisimman kustannustehokas. [8][9] Ekholm et al.-tutkimus hyödyntää Triptychin laajennettua versiota, joka toimii globaalisti ja ottaa huomioon useampia muuttujia ja sektoreita. Triptychin globaalisti laajennettu versio on hieman alkuperäistä yksinkertaisempi. [9]

Multistage-taakanjakomallissa valtiot osallistuvat päästövähennyksiin eri tasojen mukaan. Ekholm et al.-tutkimuksessa [9] tasoja on yhteensä viisi. Alimmalla tasolla valtiolla ei ole sitoumuksia ja korkeimmalla tasolla valtiolla on merkittävät sitovat päästövähennystavoitteet. Valtiot siirtyvät eri tasoille annettujen kriteereiden perusteella. Ekholm et al.-tutkimuksen käyttämät kriteerit ovat esimerkiksi päästöt per capita ja bruttokansantuote per capita. [9] Multistage on lähellä Pariisin ilmastopöytäkirjan ajatusta taakanjaosta, jossa teollistuneet valtiot sitoutuvat välittömiin päästövähennyksiin ja kehittyvät valtiot tekevät parhaansa siirtyäkseen kohti sitovia päästövähennyksiä.

Ekholm et al.-tutkimuksessa käytetyn TIMES-mallin avulla on luotu kustan-



nusoptimoitu taakanjakomalli, *Equal cost*. Equal cost -taakanjakomalli perustuu päästövähennyskustannusten minimointiin globaalisti. [9] Tämä menetelmä ei ole erityisen käytännöllinen johtuen sen monimutkaisuudesta [8]. Tulokset kuitenkin havainnollistavat miten optimaalisissa olosuhteissa päästöjen vähentäminen voitaisiin toteuttaa.

Taulukko 1: Globaalin taakanjaon päästörajat eri menetelmin Meksikon, Afrikan ja Kaakkois-Aasian alueilla vuonna 2020 ja 2050.[9] Etelä-Afrikan ja Indonesian osuudet päästörajoista.

Alue	Vuosi a	Equal cost MtCO <sub>2</sub> e	Triptych MtCO <sub>2</sub> e	Multistage MtCO <sub>2</sub> e
<b>Meksiko</b>	2020	662,3	763,4	663,3
	2050	323,4	341,2	183,4
Afrikka	2020	2 852,9	3 027,9	3 426,2
	2050	2322,7	3 076,2	3 442,7
<b>Etelä-Afrikka</b> (31,00% alueesta)	2020	883,8	938,0	1061,9
	2050	719,9	953,5	1067,1
Kaakkois-Aasian alue	2020	2 753,9	3 580,3	3 758,2
	2050	1 807,4	2 362,2	2 570,2
<b>Indonesia</b> (20,56% alueesta)	2020	566,2	736,1	772,7
	2050	371,6	485,7	528,5

### 3.3 Päästöjen taakanjako Meksikossa, Etelä-Afrikassa ja Indonesiassa

Taulukossa 1 esitetään Ekholm et al.-tutkimuksen Triptych-, Multistage- ja Equal cost -taakanjakomenetelmien päästöarvoja eri alueilla. Lähtökohtana käytetään tiukempaa tavoitetta ilmakehän kasvihuonepäästöpitoisuuksille eli 450 ppm CO<sub>2</sub>. [9] Tämä vastaa Pariisin ilmastopöytäkirjan kahden asteen tavoitetta [7]. Tutkimuksessa Etelä-Afrikka on osana Afrikan aluetta ja Indonesia on osana Kaakkois-Aasian aluetta (tutkimuksessa englanniksi *other developing Asia*, lyhennetään ODA). Indonesian lisäksi Kaakkois-Aasian alueeseen kuuluvat Filippiinit, Malesia, Singapore ja Thaimaa. Etelä-Afrikan ja

Indonesian kohdalla tässä diplomityössä oletetaan, että maiden päästöjen osuus koko alueen päästöistä pysyy samana kuin vuonna 2000. Saadut arvot on lisätty taulukkoon 1. Tämä approksimaatio todennäköisesti lisää Indonesian kohdalla virheen osuutta merkittävästi, mikä on otettu huomioon tämän diplomityön tuloksissa.

Käytettyihin taakanjakomalleihin liittyy jonkin verran epävarmuutta ja virhettä. Ekholm et al.-tutkimus on vuodelta 2008, joten tutkimuksessa käytetyt historialliset päästötiedot ovat melko vanhoja.[9] Lisäksi Ekholm et al. mainitsevat EVOC-mallin yhtenä rajoituksena yksittäisten maiden tulevaisuuden päästökehityksen arvioinnin. Oletettu päästöjen kasvu vaikuttaa tuloksiin eri maiden kohdalla vaihtelevasti riippuen maiden muodostamasta alueryhmästä ja kyseisen maan roolista tällä alueella. Virhe on pienempi maissa, jotka dominoivat aluettaan, eli tässä diplomityössä Meksikossa ja Etelä-Afrikassa. Indonesian kohdalla virhe on suurempi, koska se kuuluu ryhmään, jonka maat ovat vaihtelevassa kehitysvaiheessa. Tutkimus mainitsee, että tällä alueella Indonesian kasvu on todennäköisesti aliarvioitu ja esimerkiksi Singaporen yliarvioitu.[9]

## Luku 4

# Meksiko

### 4.1 Tausta

Meksiko on Pohjois-Amerikan eteläosassa sijaitseva liittovaltio, joka koostuu 31 osavaltiosta ja 2 438 kunnasta. Näiden lisäksi Meksikon pääkaupunki México ja sen ympäröimä alue muodostavat oman erillisen liittovaltion alueen. Meksikoa ympäröivät Tyynimeri, Meksikonlahti ja Karibian valtameri, jotka muodostavat 9330 kilometriä rannikkoaluetta. [10]

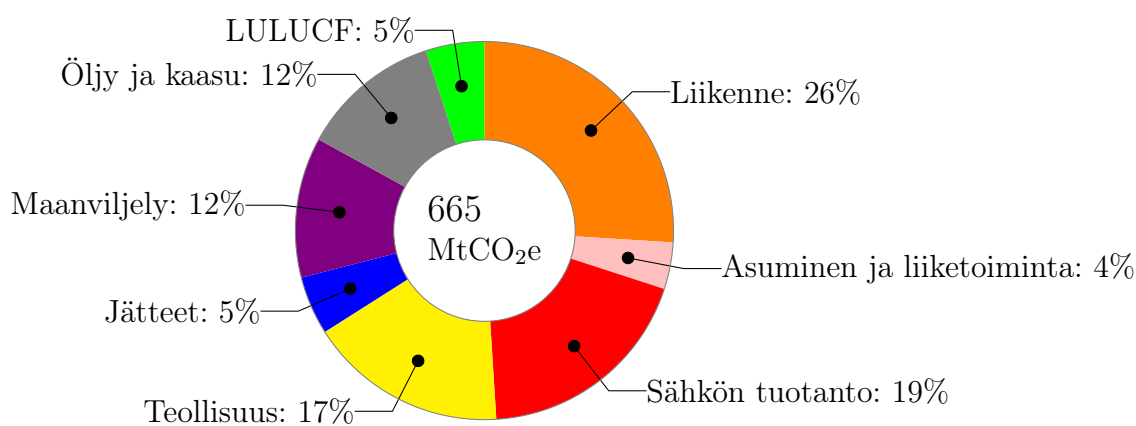
Meksikon kokonaispinta-ala on yhteensä 1 943 950 neliökilometriä [11]. Pinta-alasta metsäaluetta on 34% eli noin 66,8 miljoonaa hehtaaria [12]. Metsätyypit vaihtelevat maan sijainnin mukaan. Esimerkiksi pohjoisessa metsät ovat suureksi osaksi havumetsiä, ja maan eteläosissa trooppisia sademetsiä. [10]

Johtuen suuresta pinta-alasta ja korkeuseroista, Meksikon eliökunta ja kasvisto ovat hyvin monipuolisia. Ilmasto on pohjoisessa subtrooppista ja muuttuu trooppiseksi maan eteläosassa. Sijainti kolmen mannerlaatan välissä tekee Meksikosta seismologisesti epävakaa ja alueella on paljon maanjäristyksiä. [10][13]

Meksikon asukasluku vuonna 2016 oli 127,5 miljoonaa [14], joka on 10. suurin asukasluku maailmassa. Yhdistyneiden kansakuntien kehitysohjelman mukaan 45,5% Meksikon kansalaisista eli köyhydessä vuonna 2012 [10]. Maan bruttokansantuote vuonna 2016 oli yhteensä 1 046 miljardia yhdysvaltain dollaria [15], mikä tekee Meksikosta 15. suurimman talouden maailmassa.

## 4.2 Päästöt

Meksikon kokonaispäästöt vuonna 2013 olivat yhteensä 665,3 MtCO<sub>2</sub>e [10]. Päästöt per capita ovat siis noin 5,4 tCO<sub>2</sub>e laskettuna vuoden 2013 asukasluvulla [14]. Suurin yksittäinen päästöjen aiheuttaja on liikenne, jonka päästöt vuonna 2013 olivat yhteensä 174,2 MtCO<sub>2</sub>e tai noin 26% kokonaispäästöistä. Kuvassa 1 esitetään Meksikon päästöjen jakautuminen eri sektoreihin vuonna 2013. [10]



Kuva 1: Meksikon päästöjakauma sektoreittain ilman hiilinielua vuonna 2013 [10]

Meksikon päästöt ovat noin 1,4% koko maailman kasvihuonepäästöistä. Meksiko on Brasilian jälkeen toiseksi suuripäästöisin maa Latinalaisessa Amerikassa ja Karibian alueella. Yhteensä Meksikon päästöt ovat noin viidesosa koko alueen päästöistä. [16][10]

Meksiko julkaisi päästötietonsa Yhdistyneiden kansakuntien ilmastomuutoskonventin kaksivuotisraportissa vuonna 2015 [10]. Raportti sisältää yksityiskohtaiset päästötiedot vuodesta 1990 vuoteen 2013 asti. Lisäksi raportissa on eritelty eri kasvihuonekaasut. Meksiko erittelee myös nokipäästöt, joiden vaikutukset kohdistuvat lähinnä ilmanlaatuun ja kansalaisten hyvinvointiin. Raportti sisältää LULUCF-sektorin vaikutuksen päästöihin mahdollisena hiilinieluna. [10]

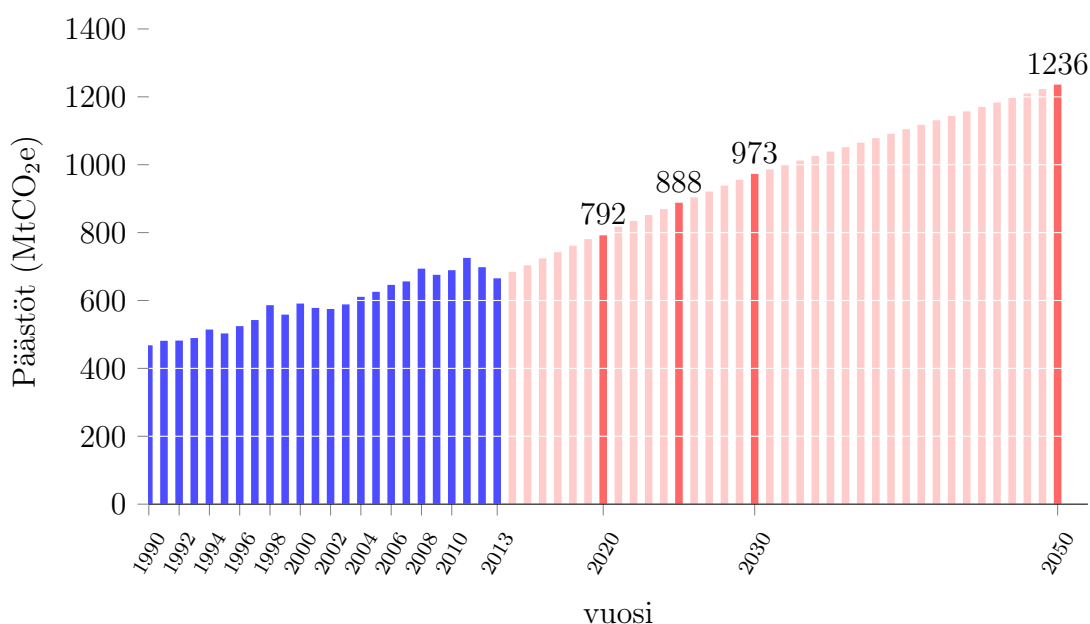
Meksikon arvioima pysyvien metsien aiheuttama hiilinieluvaikutus vuonna 2013 on noin 173,0 MtCO<sub>2</sub>e. Nettopäästöt vuonna 2013 LULUCF-hiilinielut mukaanluettuna ovat 492,3 MtCO<sub>2</sub>e. [10] Tämän diplomityön tulososuudessa

hiilinielujen vaikutusta ei ole huomioitu, mutta niiden kehittämistä ja ylläpitoa kannustetaan Pariisin ilmastopöytäkirjassa [7].

Meksikon nykyiset arviot päästöjen normaalista kehityksestä on julkaistu vuonna 2015 osana Pariisin ilmastopöytäkirjan lupauksia [17], joita täydensi vuodelle 2050 Meksikon ilmastomuutoksen puolivuosisstrategia (englanniksi *Climate Change Mid-Century Strategy* [18]).

Meksiko arvioi kasvihuonepäästöjen kehittyvän ilman vähennystoimia seuraavasti:

- 792 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2020
- 888 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2025
- 973 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2030
- 1236 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050.[17][18]



Kuva 2: Meksikon historialliset päästöt vuodesta 1990 vuoteen 2013, ja arvio päästöjen kehityksestä.[10][17][18]

Aiemmin Meksiko on julkaissut päästöarvioita osana kansallista ilmastostrategiaa vuonna 2013 [19]. Nämä arviot ovat huomattavasti korkeammat kuin

myöhemmissä julkaisuissa. Esimerkiksi vuoden 2020 päästöt arvioidaan olevan noin 960 MtCO<sub>2</sub>e ja vuoden 2050 noin 1 967–2 410 MtCO<sub>2</sub>e. Pääsyy muutokseen on Meksikon mukaan uusiutuvan energian kustannusten lasku [18].

Meksikon historialliset päästöt vuodesta 1990 vuoteen 2013, ja arvio päästöjen normaalista kehityksestä on esitetty kuvassa 2.

Vuoden 2012 yleisen ilmastomuutoslain mukaisesti Meksikossa on luotu pakollinen päästörekiisteri (espanjaksi *Registro Nacional de Emisiones*, lyhennetään RENE). Rekisterin toiminta alkoi vuonna 2013. Eri sektoreiden täytyy raportoida päästötietonsa, kun ne ylittävät 25 000 tCO<sub>2</sub>e tai pyydettyä. Päästörekiisteristä on vastuussa ekologian ja ilmastomuutoksen instituutti (espanjaksi *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*, lyhennetään INECC). Ilmastomuutoslaissa on määriteltä sakko tapauksissa, joissa päästötietoja ei luovuteta aikamääreen sisällä tai niitä on väärennety. [20]

### 4.3 Ilmanlaatu

Meksikossa on erittäin huono ilmanlaatu metropolialueilla. Ongelmat johtuvat liikenteen pienhiukkaspäästöistä. Meksiko ottaa ilmanlaatuongelmat vakavasti ja on asettanut tavoitteita vähentää muun muassa nokipäästöjä [17][21].

Meksikossa ilmanlaadun mittauspisteitä on yhteensä 176, joista 160 kykenee mittaamaan PM<sub>10</sub>- ja 79 PM<sub>2.5</sub>-pienhiukkasten pitoisuuksia. Suurten metropolialueiden ulkopuolella näiden mittauspisteiden tiedoissa on paljon puutteita tai mittaukset ovat liian rajallisia arviointiin [22].

Maailman terveysjärjestön WHO suosittelee PM<sub>2.5</sub> pienhiukkasten vuoden keskiarvoksi alle 10 µg/m<sup>3</sup> ja 24 tunnin keskiarvoksi alle 25 µg/m<sup>3</sup>. Lisäksi PM<sub>10</sub> pienhiukkasille suositellaan vuoden keskiarvoksi alle 20 µg/m<sup>3</sup> ja 24 tunnin keskiarvoksi alle 25 µg/m<sup>3</sup>. [23]

INECC julkaisi vuonna 2014 katsauksen Meksikon ilmanlaadusta [22]. PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> arvot ylittävät WHO-suositukset lähes kaikissa mittauspisteissä. Vuorokauden PM<sub>2.5</sub> arvot on ylitetty kaikissa kunnissa lukuun ottamatta Santiago de Querétaron mittauspisteitä, joissa vuorokauden PM<sub>2.5</sub> maksimiarvo on 23 µg/m<sup>3</sup>. [22]

Poikkeuksellisen huono ilmanlaatu on Meksikon metropolialueilla, joissa WHO:n vuorokauden PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> arvot ylitetään vähintään kaksinkertaisesti. [22] Suurimpien Meksikon metropolialueiden PM<sub>2.5</sub> ja PM<sub>10</sub> pienhiukkasten mit-

tauspisteiden lukemat ovat taulukossa 2.

Taulukko 2: PM<sub>2.5</sub>- ja PM<sub>10</sub> -pitoisuudet Meksikon suurimmilla metropolialueilla ja maailman terveysjärjestö WHO:n suositukset [22][23]

Alue	PM <sub>2.5</sub> 24h μg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> Vuosi μg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> 24h μg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> Vuosi μg/m <sup>3</sup>
WHO suositus	25	10	50	20
México	83	27	110	56
Toluca	74	39	170	82
Guadalajara	37	20	184	87
Monterey	*	*	187	88
Puebla	63	29	115	61

\* Riittämättömät tiedot

## 4.4 Ilmastonmuutoksen haitat

Meksiko on erityisen altis ilmastonmuutoksen haitoille. Luonnonkatastrofien yleisyys on Keski-Amerikan suurin ja Kolumbian jälkeen Latinalaisen Amerikan toiseksi suurin [24]. Ilmastonmuutoksen kustannukset Meksikolle on arvioitu 21 miljardiksi pesoksi vuosien 2000 ja 2012 välisenä aikana. [19]

Ilmastonmuutos voi lisätä äärimmäisiä sääilmiöitä kuten kuivuus, rankkasateet, tulvat ja maavyöryt. Sademäärien todennäköinen väheneminen muuttaa puolikuivia alueita kuivemmiksi. Näillä alueilla tyypilliset haavoittuvat sektorit ovat teollisuus ja maanviljely, jotka vaativat toiminnassaan vettä. Lisäksi näillä alueilla kansalaisten veden saatavuus voi heikentyä. [25][26]

Meksikon alueiden haavoittuvuutta eri ilmastonmuutoksen vaikutuksille on tutkittu. Monterroso et al. esittävät 412 kunnassa haavoittuvuuden ”korkeaksi” tai ”erittäin korkeaksi” [25]. Tutkimuslaitos INECC:n jatkotutkimuksen mukaan 480 kuntaa ovat haavoittuvia joillekin ilmastonmuutoksen vaikutuksille [21]. Vuoden 2013 Meksikon kansallisessa ilmastostrategiassa arvioidaan ilmastonmuutoksen uhkaavan 46% öljy-yhtiö PEMEX:in energiainfrastruktuurista ja noin 30% maan sähköverkosta. Tiedot perustuvat INEGI:n, PEMEX:in ja CFE:n raportteihin. [19]

## 4.5 Energiasektori

### 4.5.1 Yleinen

Meksikon primäärienergiankulutus (englanniksi *Total Primary Energy Supply*, lyhennetään TPES) vuonna 2015 oli yhteensä noin 8 529 petajoulea. Noin 90 prosenttia primäärienergiasta on fossiilisia polttoaineita. Meksiko on yksi öljyriippuvimmista maista ja sen osuus kokonaisenergiasta on noin puolet. Toiseksi suurimman energianlähteen maakaasun osuus on noin kolmannes ja kivihiili on noin kuusi prosenttia kokonaiskulutuksesta. [27]

Meksiko on tällä hetkellä energian nettotuoja. Meksikon primäärienergian kokonaistuotanto vuonna 2015 oli noin 8 261 petajoulea. Merkittävin luonnonresurssi Meksikossa on raakaöljy, jonka tuotannosta noin puolet viedään ulkomaille. [27]

Meksikon asema öljyntuottajana on viime vuosina merkittävästi heikentynyt. BP:n maailman energiakatsauksen mukaan Meksikon öljyntuotanto supistui eniten koko maailmassa vuonna 2015, vaikka maailman tuotanto oli kasvussa [28]. Tuotanto väheni keskimäärin 200 000 barreliä päivässä [28]. Meksiko pyrkii korvaamaan öljyn käyttöä maakaasulla. Merkittävin syy maakaasun kasvuun on halvan liuskekaasun saatavuus Yhdysvalloista viime vuosina. Tällä hetkellä noin yli 40 prosenttia maakaasusta tulee Yhdysvalloista. [13] Vuonna 2015 maakaasun tuonti Meksikoon putkilinjoilla kasvoi lähes 45% [28]. Useita uusia putkilinjoja on rakenteilla ja merkittäviä maakaasuprojekteja on valmistunut viime vuosien aikana [29].

Tulevaisuudessa Meksikon energiaministeriö (espanjaksi *Secretaría de Energía*, lyhennetään SENER) arvioi maakaasun kysynnän kasvavan noin 20%:lla vuodesta 2015 vuoteen 2030 mennessä. Suurin osa, noin 58,7% maakaasusta hyödynnetään sähköntuotannossa, jossa sen osuuden arvioidaan kasvavan. Maakaasun käyttö kasvaa myös muilla sektoreilla, kuten teollisuudessa, asumisessa ja palveluissa. Lukuunottamatta öljyntuotantoa, jossa maakaasun osuus tulee vähenemään. [29] IEA arvioi Meksikon kehityssuunnaksi talouden tuplaantumisen ja primäärienergian tarpeen lisääntymisen 20 prosentilla vuoteen 2040 mennessä [13].

Energian kokonaisloppukulutus vuonna 2015 oli noin 5 280 petajoulea. Kulutukseltaan suurimmat sektorit ovat

- liikenne, noin 46 prosenttia
- teollisuus, noin 31 prosenttia



- ja asuminen, noin 15 prosenttia kokonaiskulutuksesta. [27]

### 4.5.2 Meksikon energiareformi

Vuonna 2013 Meksikon hallitus käynnisti energiareformin, jonka tarkoituksena on purkaa energia-alan valtion monopolit. Energiareformi asettaa useita uusia lakeja ja tekee muutoksia Meksikon perustuslakiin. Lait mahdollistavat yksityisten yritysten investoinnit öljy-, kaasu- ja sähkösektoreilla. [30] Vuoden 2016 tammikuussa Meksikossa avattiin sähkömarkkinat, jossa sähköntuotanto on kilpailutettu [31]. Benssiinin ja dieselin tuontilupia annettiin ensimmäisen kerran yksityisyrityksille huhtikuussa 2016 [30].

Öljy-yhtiö *Petróleos Mexicanos* (lyhennetään PEMEX) on hallinnut Meksikon öljy- ja kaasutuotantoa noin 80 vuotta. Syy PEMEXin purkamiseen on Meksikon öljyntuotannon heikentyminen. Vaikka Meksikolla on muiden öljylähteiden lisäksi myös paljon epätavanomaisia öljylähteitä, öljyntuotanto on laskussa. Suurin osa tuotetusta öljystä kulutetaan itse ja viennin osuus on vähentynyt. Pääsyy tuotannon heikentymiseen on PEMEXin tehottomuus hyödyntää Meksikon epätavanomaisia öljylähteitä. Energiareformin toivotaan tuovan alalle kasvua ja uusia investointeja. [13]

Yksi energiareformin tavoitteista on alentaa sähköntuotannon kustannuksia ja lisätä uusiutuvan energian tuotantoa. Meksikon sähköntuotannosta vastaavan *Comisión Federal de Electricidadin* (lyhennetään CFE) monopoliasema hajoitettiin, ja yritys muutettiin valtion yritykseksi. Uudistuksen jälkeen Meksikossa on aloitettu ja saatu valmiiksi lukuisia uusia maakaasuputkilinjoja. Maakaasua huomattavasti kalliimman öljyn käyttö sähköntuotannossa on laskenut. [32]

Energiareformin aloittamisen jälkeen uusiutuvan energian rakennuslupia yksityisille sähköntuottajille on toteutettu huutokauppajärjestelmällä. Vuonna 2016 järjestettiin kaksi huutokauppaa, jossa jaettiin uusiutuvan energian rakennuslupia yhteensä 4,9 gigawatin edestä. Tästä suurin osa oli aurinkovoimaa, yhteensä noin 3,6 GW. [32] Seuraava huutokauppa toteutunee vuoden 2017 loppupuolella. [33]

### 4.5.3 Sähköntuotanto

CFE:n vuosiraportissa 2015 Meksikon kokonaissähköntuotantokapasiteetti vuonna 2015 oli yhteensä 54,9 gigawattia (GW). CFE omistaa tuotantokapasiteetista 41,9 GW, eli noin 76 prosenttia. Itsenäisten sähköntuottajien osuus

(IPPs), joka vuonna 2015 oli noin 13,0 GW, on pääosin kombivoimalaitoksia maakaasun sähköntuotantoon ja noin 0,61 GW tuulivoimaloita. Sähkön kokonaistuotanto oli noin 253 terawattituntia (TWh), josta uusiutuvan energian osuus oli noin 15 prosenttia tai 38,0 TWh. Meksikon ilmastotavoitteissa ”puhtaaseen energiaan” kuuluu lisäksi ydinvoima, jota tuotettiin noin 11,2 TWh. Puhtaan energian osuus CFE:n mukaan oli siis 19,4 prosenttia vuonna 2015. [31]

Meksikon energiaministeriön ohjelma energiajärjestelmän kehittämiseksi 2017–2031 (espanjaksi *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*, lyhennetään PRODESEN) ottaa huomioon CFE:n tietojen lisäksi sähkön pientuotannon eri muotoja ja esimerkiksi maaseutualueiden energiantuotannon, joka ei kuulu pääsähköverkkoon. PRODESEN-ohjelman mukaan vuonna 2015 Meksikon sähköntuotantokapasiteetti oli yhteensä 68 GW ja vuonna 2016 73,5 GW. Puhtaan energian osuus kapasiteetista oli näinä vuosina 28,3 ja 28,8 prosenttia. Sähkön kokonaistuotanto oli yhteensä 309,6 TWh vuonna 2015 ja 319,4 TWh vuonna 2016. Puhtaan tuotannon osuus oli 20,3 prosenttia molempina vuosina. [33]

PRODESENin mukaan vuosien 2017–2031 välillä tullaan lisäämään uutta sähköntuotantokapasiteettia noin 57 GW, josta puhdasta sähköntuotantoa on noin 62 prosenttia tai 35,5 gigawattia. Uudesta tuotannosta 21 prosenttia on tuulivoimaa, 12 prosenttia aurinkovoimaa, 7,9 vesivoimaa ja 1,67 prosenttia geotermistä voimaa. [33]

#### 4.5.4 Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali

Uusiutuvien polttoaineiden osuus energiantuotannosta ei ole historiallisesti ollut merkittävää. Asuntojen lämmityksessä on käytetty biopolttoaineita, joiden osuus kokonaisenergiantuotannosta on viisi prosenttia. Muiden uusiutuvien osuus on vähäistä, koostuen pääosin vesivoimasta, joka käsittää yhteensä neljä prosenttia koko maan energiantuotannosta. Ydinvoiman osuus primäärienergiasta on vain prosentti. [13]

SENER arvioi suurimpien kasvumahdollisuuksien olevan tuuli- ja aurinkovoimassa. SENER julkaisee vuosittain katsauksen Uusiutuvien energialähteiden tulevaisuus (espanjaksi *Prospectiva de Energías Renovables*). Vuoden 2016 julkaisu sisältää arvioita uusiutuvien energianlähteiden potentiaalista ja tulevaisuuden kehityksen arviot vuodelle 2030 asti. [34]

Taulukossa 3 on esitetty energiaministeriön arvio uusiutuvan energian potentiaalille kahdessa eri tapauksessa. Tapauksessa A etäisyys pääsähköverkosta on korkeintaan 20 kilometriä. Tapauksessa B etäisyys on korkeintaan 10 ki-

lometriä tuulivoimalle ja vain 2 kilometriä aurinkovoimalle. Nämä tapaukset vastaavat SENERin skenaarioita kaksi ja kolme, joissa rajoituksia on eniten. [34]

Tapauksessa A uusiutuvan energian kokonaispotentialiaali on 1 208 GW ja mahdollinen kokonaistuotanto 2 635 TWh/a. Tapauksessa B kokonaispotentialiaali uusiutuvalle energialle on yhteensä 377,7 GW ja kokonaistuotanto 864,9 TWh/a. [34] Molemmista tapauksista potentiaalinen kokonaistuotanto ylittää moninkertaisesti Meksikon nykyisen energiantuotannon (319 TWh/a vuonna 2016 [33]).

Taulukko 3: Uusiutuvien energianlähteiden potentialiaali tapauksessa A ja B (*Prospektiva de Energías Renovables 2016–2030*, skenaariot kaksi ja kolme) [34]

Energia	Tapaus A		Tapaus B	
	Mahdollinen kapasiteetti (MW)	Tuotanto-potentiaali (GWh/a)	Mahdollinen kapasiteetti (MW)	Tuotanto-potentiaali (GWh/a)
Tuuli	290 249	740 332	158 302	402 847
Aurinko	916 141	1 882 996	217 389	447 143
Geoterminen	399	3 146	571	4 509
Biomassa	1 231	8 631	1 478	10 365
Yhteensä	1 208 020	2 635 105	377 740	864 864

## 4.6 Ilmastotavoitteet ja -strategia

### 4.6.1 Yleinen

Taulukossa 4 esitetään tärkeitä tapahtumia Meksikon päästö- ja muiden tavoitteiden kehityksessä. Taulukossa lihavoidut lait ja tapahtumat muodostavat tärkeimmät voimassa olevat tavoitteet ja rakenteet.

Meksikon ilmastotavoitteiden lähtökohtana oli vuoden 2007 kansallinen ilmastomuutosstrategia (ENAC). Tässä strategiassa Meksiko määritteli ilmastomuutoksen vakavaksi uhaksi ja asetti tavoitteita päästöille. Ensimmäisen kerran asetettiin pyrkimys vähentää päästöjä 50% vuoden 2000 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tämän päästötavoitteen kehitys jatkui ja otettiin osaksi yleistä ilmastomuutoslakia. Cancúnin ilmastokokouksen isännöinti vuonna 2010 osaltaan kiihdytti Meksikon ilmastotavoitteita ja yleisen ilmas-

tonmuutoslain syntyä.

Taulukko 4: Tärkeitä tapahtumia Meksikon ilmastotavoitteissa

Vuosi	Tapahtuma
1993	YK:n ilmastonmuutoskonventin ratifiointi
2007	Kansallinen ilmastonmuutostrategia (ENAC)
2008	Uusiutuvan energian ja energiasiirtymisen rahoituslaki (LAERT-FE)
2009	Ensimmäinen ilmastonmuutoksen erikoisohjelma, 2009–2012
2010	Cancúnin ilmastokokous (COP16), Meksiko
2012	<b>Yleinen ilmastonmuutoslaki astuu voimaan</b>
2013	Kansallinen ilmastonmuutoksen strategia 10, 20 ja 40 vuotta
2013	Hiilivero otettu käyttöön
2013	Meksikon energiareformi alkaa
2013	Vapaaehtoinen hiilikauppa MexiCO <sub>2</sub> käynnistetty
2013	<b>Kansallinen ilmastonmuutosjärjestelmä (SINACC)</b>
2013	Ilmastonmuutoskomissio
2013	Ilmastonmuutosneuvosto
2013	Ekologian ja ilmastonmuutoksen instituutti (INECC)
2014	Toinen ilmastonmuutoksen erikoisohjelma, 2014–2016
2014	Päästörekisterin (RENE) toiminta alkaa
2015	<b>Energian siirtymislaki astuu voimaan</b>
2015	<b>Kaksivuotisraportti ja kasvihuonepäästöinventaario vuosille 1990-2012 julkaistaan</b>
2015	<b>Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteet (INDC) julkaistu</b>
2016	<b>YK:n ilmastonmuutoskonventin vuosisadan puolenvälin strategia</b>

Meksiko hyödyntää joitain taloudellisia ohjauskeinoja päästötavoitteidensa tueksi. Ensiksi 26. marraskuuta vuonna 2013 Meksiko käynnisti vapaaehtoisen hiililupien kauppaohjelman yhteistyössä Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelman kanssa. Ohjelma on nimeltään MexiCO<sub>2</sub>. [35] Toiseksi vuonna 2014 otettiin käyttöön hiilivero, joka asettaa hiilelle hinnaksi 3,5 Yhdysvaltain dollaria jokaista hiilitonniekvivalenttia kohti. Veron tavoitteena on vähentää fossiilisten polttoaineiden tuontia ja myyntiä. Verotus ei koske maakaasua, mitä Meksiko perustelee sen alhaisemmilla päästöillä verrattuna

hiileen ja öljyyn. [18] Tuorein uudistus Meksikossa on uusi päästökauppajärjestelmän pilottiohjelma, joka käynnistyi marraskuussa 2016. Tämä vuoden kokeilu sisältää noin 60 yritystä. Kokeilun jälkeen Meksiko pyrkii vuonna 2018 aloittamaan koko maan kattavan “Cap-and-trade” -mallisen päästökaupan. [36]

#### 4.6.2 Yleinen ilmastomuutoslaki 2012 ja ilmastostrategia

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti Meksikon yleinen ilmastomuutoslaki, kansallinen ilmastostrategia ja ilmastomuutoksen erikoisohjelma. Yleinen ilmastomuutoslaki toimii pohjana kaikelle Meksikon ilmastomuutoksen vastaiselle työlle.

Yleinen ilmastomuutoslaki (espanjaksi *Ley General de Cambio Climático*) astui voimaan 2012 lokakuuta. Meksiko on toinen maa maailmassa ja ensimmäinen kehittyvä valtio, jolla on laillisesti sitova ilmastomuutoslaki. Lain tarkoituksena on hallita kasvihuonepäästöjä kansainvälisesti turvalliselle tasolle, säännellä tähän tarvittavia ilmastomuutoksen vastaisia toimia, vähentää koko valtion haavoittuvuutta ilmastomuutoksen riskeille, tutkimus- ja kehitystyön tukeminen sekä siirtyminen kilpailukykyiseen ja vähäpäästöiseen talouteen. Laki toimii vahvana pohjana Meksikon ilmastomuutoksen vastaiselle työlle. [20]

Yleisessä ilmastomuutoslaissa on määritelty päästövähennystavoitteita sekä tavoite puhtaalle energiantuotantolle. Merkittävin myöhemmin sitovasti voimassa oleva tavoite on pitkän aikavälin tavoite. Tavoitteena on vuoteen 2050 mennessä saavuttaa puolet vuoden 2000 päästöistä, joiden Meksiko nykyisin määrittelee olevan noin 313 MtCO<sub>2</sub>e [18]. Tämä tavoite määritettiin ehdolliseksi vuonna 2012, mutta on myöhemmin tullut osaksi Meksikon ehdottomia ilmastotavoitteita ja Pariisin ilmastosopimusta [17].

Yleinen ilmastomuutoslaki määrää luotavaksi uuden kansallisen ilmastostrategian ja erikoisohjelman. Yhdessä nämä suunnitelmat toteuttavat yleisen ilmastomuutoslain tavoitteita. Nämä tavoitteet toimivat pohjana laajemmalle ilmastostrategialle. Tavoitteita tullaan päivittämään vähintään joka kymmenes vuosi vähennystoimien osalta ja joka kuudes vuosi sopeutustoimien osalta. [20] Asetettuja tavoitteita ei tulla laskemaan eikä niiden vähentämistä tai kumoamista voi ehdottaa [21].

Meksikon kansallinen ilmastostrategia luotiin vuonna 2013 (*Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*). Tämän strategian rakenne on

määritelty yleisessä ilmastonmuutoslaissa ja liittovaltio on velvoitettu noudattamaan sitä. Strategia sisältää tavoitteita seuraavalle 10:lle, 20:lle ja 40:lle vuodelle. Yleisen ilmastonmuutoslain päästötavoitteet säilyivät ennallaan. Strategia ohjaa Meksikon ilmastonmuutospolitiikkaa yleisellä tasolla ja pidemmällä aikavälillä. [19]

Ilmastonmuutoksen toinen erikoisohjelma [21] (*Programa Especial de Cambio Climático 2014–2018*, lyhennetään PECC) luotiin vuonna 2014. Erikoisohjelma sisältää mitattavia lyhyen aikavälin tavoitteita, jotka pyritään toteuttamaan vuoteen 2018 mennessä. Yhteensä tavoitteita on 196. Valtion rakenteellisten muutoksien ja sopeutumistoimien lisäksi ohjelmassa on asetettu tavoitteeksi vähentää kokonaispäästöjä ja lyhytikäisiä ilmastoon vaikuttavia yhdisteitä kuten noki- ja metaanipäästöjä. Kokonaispäästöjä pyritään vähentämään 83,2 MtCO<sub>2e</sub> vuoteen 2018 mennessä. [21]

PECC:n edistyksestä julkaistiin vuoden 2017 syyskuussa arvio. Asetetuista 196 tavoitteesta 43% on aikataulussa, 28% ovat myöhässä ja 29% edistyksestä ei ole tietoa. Vuonna 2016 päästöjä oli arvioinnin mukaan vähennetty 30,94 MtCO<sub>2e</sub>. [37]

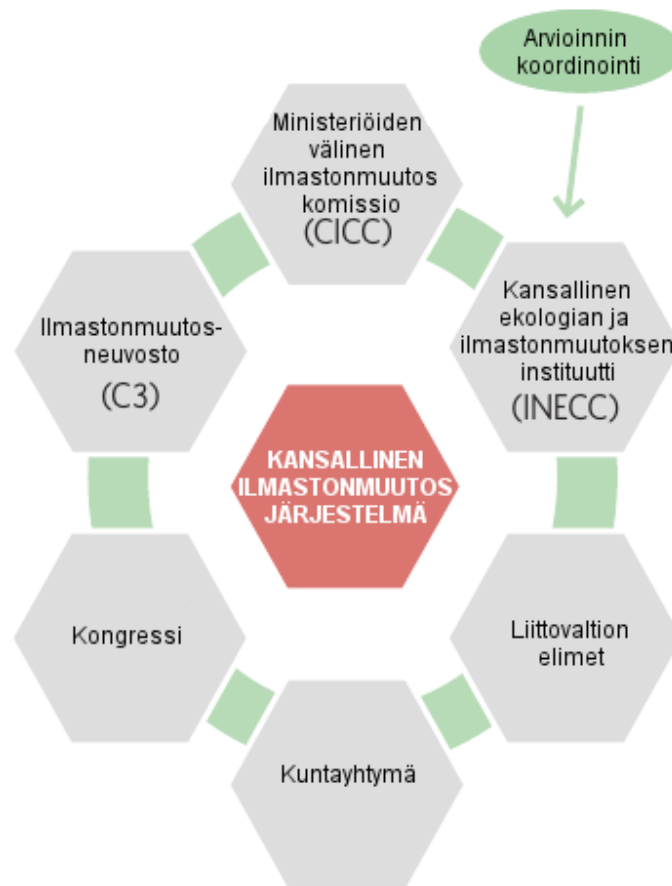
### 4.6.3 Ilmastonmuutosjärjestelmä SINACC

Yleisessä ilmastonmuutoslaissa määritellään erilaisten järjestelmien ja laitosten perustaminen. Ilmastonmuutoksen vastaista työtä varten on perustettu kansallinen ilmastonmuutosjärjestelmä (espanjaksi *Sistema Nacional de Cambio Climático*, lyhennetään SINACC). SINACC on pysyvä elin, joka perustettiin kokonaisuudessaan vuonna 2013. Sen tehtävänä on tukea koordinaatiota ja yhteistyötä liittovaltion, osavaltioiden ja kuntien välillä.

Järjestelmän rakenne on esitetty kuvassa 3. Se koostuu seuraavista osista:

- Ilmastonmuutoksen komissio (CICC)
- Ilmastonmuutoksen neuvosto (C3)
- Kansallinen ekologian ja ilmastonmuutoksen instituutti (INECC)
- Liittovaltion edustajat
- Kuntien edustajat
- Kongressi

Ilmastomuutoksen tieteellisen ja teknisen tiedon keräämisestä ja tutkimisesta vastaa INECC. INECC toimii ympäristö- ja luonnonvaraministeriön alaisuudessa ja sen päätehtäviin kuuluu ilmastomuutokseen, ympäristöön ja kestävään kehitykseen liittyvä tutkimustyö. Tutkimuslaitos valmistelee kaikkien ilmastosuunnitelmien sisällön mukaanlukien kansainväliset esitykset esimerkiksi Yhdistyneiden kansakuntien ilmastomuutoskonventille (UNFCCC). [20][10]



Kuva 3: Meksikon kansallinen ilmastomuutosjärjestelmä SINACC. Suomennettu versio alkuperäisestä Meksikon kaksivuotisraportissa julkaistusta kuvasta[10]

Valtion ilmastostrategian hyväksyy ilmastomuutoskomissio (CICC). Komissio koostuu ympäristö- ja luonnonvaraministeriön alivaltiosihteereistä ja toi-

mii yhteytenä julkisiin ja yksityisiin järjestöihin. Komission ehdottaa myös valtion linjaa kansainvälisiä tapahtumia varten. Toiminta on avointa: komissio julkaisee vuosittain raportin toiminnastaan ja istuntopöytäkirjat ovat saatavilla. [20][10]

Päätöksentekoa tukee ilmastomuutoksen neuvosto, joka koostuu 15:stä ilmastomuutoksen asiantuntijasta eri sektoreista. Neuvoston tehtävänä on toimia komission apuna päätöksenteossa ja tukea INECC:iä ilmastostrategian luonnissa. [10]

#### 4.6.4 Puhtaan energian tavoitteet

Meksikon puhtaan energian tavoitteet on määritetty vuonna 2015 voimaan astuneessa energian siirtymislaissa (espanjaksi *Ley de Transición Energética*). Energian siirtymislain tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä, vähentää päästöjä sähköteollisuudessa ja pitää tuotanto kilpailukykyisenä. Energian siirtymislaki määrittelee luotavaksi 15 vuoden ja 30 vuoden puhtaan energian ja energiatehokkuuden strategian[38].

Lain mukaan energiamuoto on ”puhdas”, jos siitä aiheutuvat päästöt per megawattitunti alittavat 100 kg CO<sub>2</sub>e. Energian siirtymislaissa asetetaan seuraavat tavoitteet puhtaalle energialle:

- 25 prosenttia vuoteen 2018 mennessä.
- 30 prosenttia vuoteen 2021 mennessä.
- 35 prosenttia vuoteen 2024 mennessä.[38]

Vuoden 2024 tavoite oli osana yleistä ilmastomuutoslakia vuonna 2012 [20].

Energian siirtymislaki korvaa aiemmat lait energian kestäväälle käytölle (*Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía*) sekä lain uusiutuvalle energialle ja energiasiirtymisen rahoitukselle (*Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética*, lyhennetään LAERFTE).

Energian siirtymislaissa määritettyjen tavoitteiden lisäksi päivitetty LAERFTE vuodelta 2011 sisälsi 40 prosentin tavoitteen uusiutuvalle energialle vuodelle 2035, ja 50 prosentin tavoitteen vuodelle 2050 [39]. Nämä tavoitteet puuttuvat energian siirtymislaista, joka korvaa LAERFTE:n. Toisaalta Meksikon pitkän tähtäimen tavoitteissa Yhdistyneiden kansakuntien ilmastomuutoskonventille on mainittu 50 prosentin tavoite vuodelle 2050 [18]. LAERF-



TE:ssa oli asetettu rajoituksia fossiilisten polttoaineiden käytölle, mutta nämä tavoitteet eivät enää kuuluu energian siirtymislakiin. [38][39]

#### 4.6.5 Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet

Meksikon asettamat päästötavoitteet on esitetty taulukossa 5. Tavoitteet sisältävät sekä Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet vuodelta 2015 (INDC), ja Meksikon ilmastomuutoskonventin pitkän tähtäimen tavoitteet, jotka julkaistiin vuonna 2016. Tavoitteiden lisäksi taulukossa ovat Meksikon käyttämät arviot päästöjen kehityksestä normaaliin tapaan. Nämä arviot julkaistiin Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden yhteydessä.

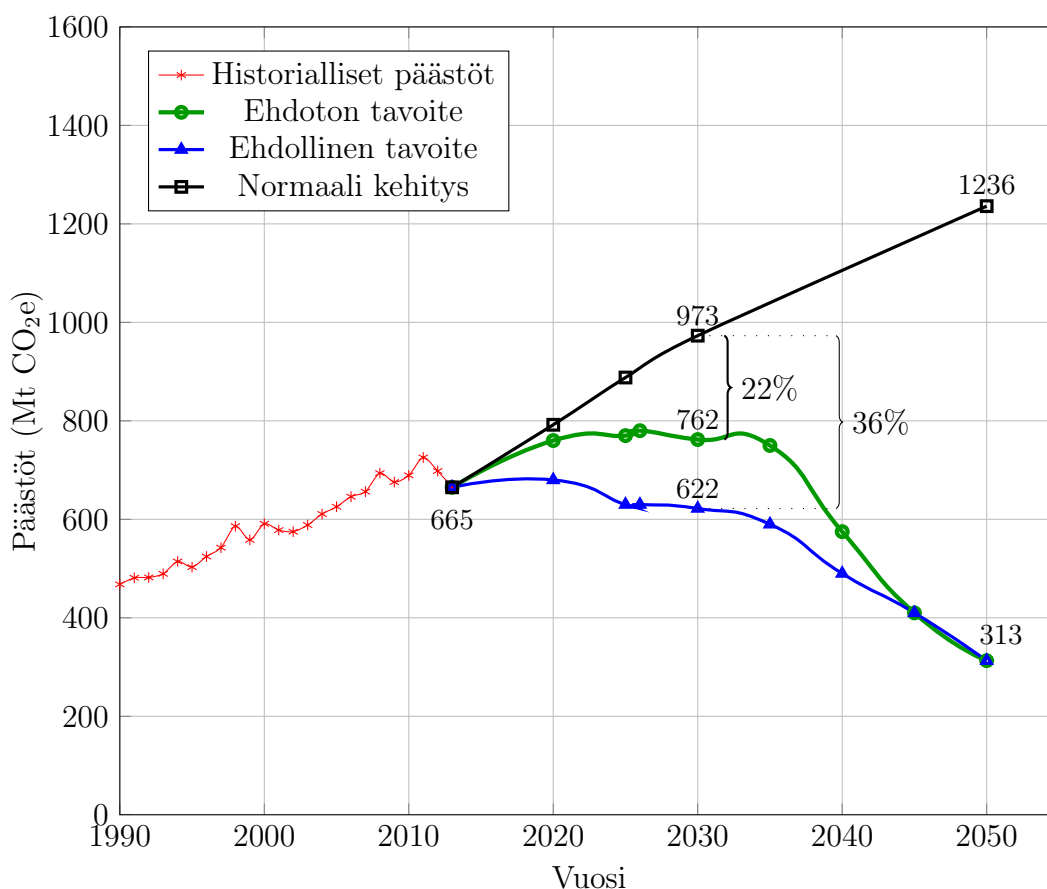
Taulukko 5: Meksikon lupaamat ehdottomat ja ehdolliset tavoitteet Yhdistyneiden kansakuntien ilmastomuutoskonventille ja kehitys normaaliin tapaan [17][18]

	Normaali kehitys MtCO <sub>2</sub> e	%	Tavoite		
			Ehdoton MtCO <sub>2</sub> e	%	Ehdollinen MtCO <sub>2</sub> e
<b>2030</b>	973	22	762	36	622
<b>2050</b>	1236		313		313

Meksiko lähetti omat tavoitteensa (INDC) Pariisin ilmastopimuksessa ensimmäisten maiden joukossa 30. maaliskuuta 2015. INDC:ssä määritetyt tavoitteet vahvistavat Meksikon olemassa olevaa ilmastostrategiaa ja sisältävät myös täysin uusia tavoitteita nokipäästöille. [17] Meksikon kaupunkien ilmanlaadun parantamiseksi on asetettu erillisiä nokipäästötavoitteita.

Pariisin ilmastopimuksen lupauksissa Meksiko esittää ehdottomia ja ehdollisia tavoitteita. Ehdottomat tavoitteet suoritetaan omalla rahoituksella riippumatta muista tekijöistä. Päästötavoitteiden perustasona on kehitys vuodesta 2013 ilman Meksikon ilmastomuutoksen vastaisia toimia. [17]

Meksikon ehdottomat ja ehdolliset tavoitteet Pariisin ilmastopimuksessa ovat esitetty kuvassa 4. Tavoitteiden lisäksi kuvassa ovat Meksikon historialliset päästöt Meksikon päästöinventaariosta [10] ja tavoitteiden yhteydessä annetut arviot päästöjen normaalista kehityksestä ilman vähennystoimia [17]. Meksikon päästöjä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 4.2.



Kuva 4: Meksikon päästökehitys ja Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteet [17][18]

Ehdottomina tavoitteina Meksiko lupautuu vähentämään kasvihuonepäästöjä yhteensä 22% vuoteen 2030 mennessä verrattuna kehitykseen normaaliin tapaan ilman vähennystoimia. Meksikon arvion mukaan tämä tarkoittaa, että päästöt vuonna 2030 ovat korkeintaan 762 MtCO<sub>2</sub>e. Lisäksi nokipäästöjä vähennetään 51 prosentilla normaalista kehityksestä. Nettopäästöt saavuttavat ehdottomasti katon viimeistään vuonna 2026 ja kääntyvät laskuun. [17]

Meksiko on valmis kasvattamaan tavoitteitaan ehdollisena, jos kansainvälinen tuki ja yhteistyö syvenee. INDC:ssä ehdolliset päästötavoitteet ovat korkeintaan 36 prosentin vähennys kasvihuonepäästöihin ja 70 prosentin vähennys nokipäästöihin. Meksikon kasvihuonepäästöt vuonna 2030 voisivat olla alimmillaan siis 622 MtCO<sub>2</sub>e. [17] Meksikon vuosisadan puolenvälin strategia täydentää ehdollisuuden määritelmää ja mainitsee tärkeäksi yhteistyön Pohjois-

Amerikan kanssa. Muita tekijöitä ovat esimerkiksi kansainvälinen päästöjen hinnoittelu, edistykset teknologian vaihdossa ja tekninen yhteistyö. [18] Ehdollisesti päästöt voivat saavuttaa katon jo huomattavasti ennen vuotta 2026. Lisäksi Meksiko on valmis ehdollisesti lisätavoitteisiin, esimerkiksi metaanipäästöjä voitaisiin vähentää 40 prosentilla. [18]

Meksikon pitkän tähtäimen tavoitteet ovat osana ilmastonmuutoskonventin vuosisadan puolenvälin strategiaa [18]. Meksiko on ensimmäinen kehittyvä valtio, joka on julkaissut tämän strategian. Meksikon vuoden 2050 tavoitteena on laskea päästöjä 50%:lla verrattuna vuoden 2000 päästöihin. Meksikon mukaan tämä tavoite on 313 MtCO<sub>2</sub>. [18]

Tavoitteiden kehittymistä on esitetty kuvassa 4. Tavoitteiden kehittyminen on kuvassa luotu vastaamaan Meksikon arvioita [18]. Ehdottomassa tavoitteessa päästöt saavuttavat huippuarvonsa noin vuonna 2026 ja kääntyvät laskuun. Ehdollisissa tavoitteissa tämä päästökatto voidaan saavuttaa jo aikaisemmin. Ehdolliset ja ehdottomat tavoitteet kääntyvät jyrkkään laskuun noin vuoden 2035 jälkeen ja yhtenevät vuonna 2040. Molemmissa tapauksissa vuoden 2050 tavoite on 313 MtCO<sub>2</sub>e. [18] Tavoitteiden lisäksi kuvassa ovat Meksikon historialliset päästöt Meksikon päästöinventaarista [10].

## Luku 5

# Etelä-Afrikka

### 5.1 Tausta

Etelä-Afrikka on Afrikan eteläisin valtio ja sen kokonaispinta-ala on 1 213 090 neliökilometriä [11]. Etelä-Afrikassa ei ole juuri metsää, ainoastaan 7,6 prosenttia kokonaismaa-alasta eli 9,2 miljoonaa hehtaaria [12]. Etelä-Afrikkaa ympäröivät Etelä-Atlantin ja Intian valtameret, ja yhteenlaskettua rannikkoa on noin 2 500 kilometriä. Maan rajanaapureita ovat Botswana, Lesotho, Mosambik, Swazimaa, Zimbabwe ja Namibia.

Ilmasto Etelä-Afrikassa on kuiva ja lämmin, mutta jonkin verran viileämpi ja sateisempi kuin muualla Afrikassa. Alue mahdollistaa hyvin monipuolisen kasvi- ja eläinkunnan. [40]

Etelä-Afrikalla ei ole virallista pääkaupunkia, vaan sillä on kolme hallinnollista pääkaupungia. Nämä ovat Kapkaupunki, Pretoria ja Bloemfontein. Pretoria on hallituksen keskus, jossa tapahtuu Etelä-Afrikan ilmastomuutokseen liittyvä työ, päätöksenteko ja tutkimus.

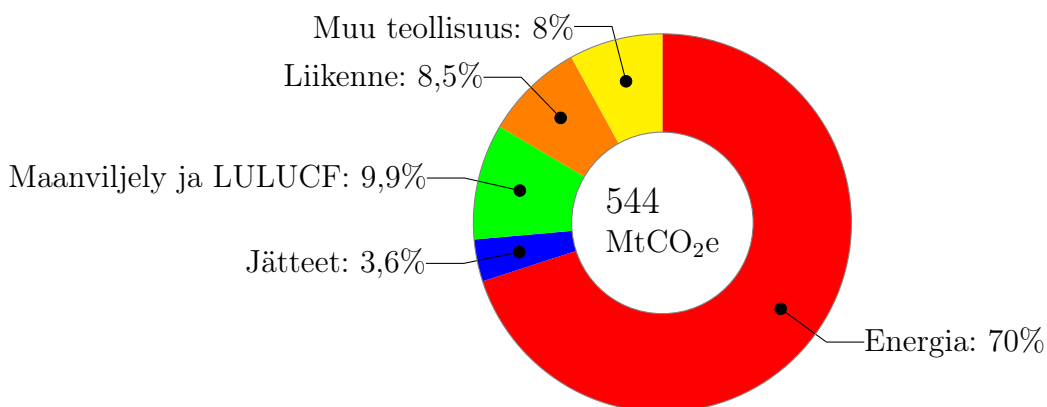
Etelä-Afrikan talous on kolmanneksi suurin Afrikassa ja se on hallitseva talous Afrikan eteläosassa [40]. Etelä-Afrikan bruttokansantuote vuonna 2016 oli yhteensä 295 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Talous on ollut laskusuuntainen vuodesta 2011, jolloin bruttokansantuote saavutti huippunsa (416 miljardia USD). [15] Etelä-Afrikassa on paljon kaivostoimintaa ja sen talous on riippuvainen raakamateriaalien kysynnästä [40].

Etelä-Afrikan asukasluku vuonna 2016 oli yhteensä 55,91 miljoonaa [14]. Statistics South-African mukaan vuonna 2009 arviolta 56,8 prosenttia kansasta eli köyhyudessa [41]. Etelä-Afrikan kaksivuotisraportin mukaan köyhien osuus vuonna 2011 oli 32,3 prosenttia [5].

## 5.2 Päästöt

Etelä-Afrikan päästöt vuonna 2010 olivat yhteensä 544,3 MtCO<sub>2</sub>e. Suurin osa päästöistä syntyy hiilen käytöstä tärkeimpänä energian lähteenä. [4] Päästöt per capita ovat siis noin 10,7 tCO<sub>2</sub>e laskettuna vuoden 2010 asukasluvulla [14]. Vuoden 2010 Etelä-Afrikan päästöistä suurin osa syntyi energiantuotannosta ja energiateollisuudesta kattaen yhteensä 70 prosenttia. Maanviljelyn ja LULUCF-sektorin osuus on hieman alle 10 prosenttia. Kolmanneksi suurin päästöjen lähde on liikenne, jonka osuus on yhteensä 8,5 prosenttia. Muun kuin energiateollisuuden osuus päästöistä on 8 prosenttia [4] Kuvassa 4 on esitetty vuoden 2010 päästöjen jakautuminen sektoreittain ilman hiilinieluja.

Etelä-Afrikan LULUCF-sektori toimii hiilinieluna, sitoen yhteensä 25,9 MtCO<sub>2</sub>e. Nettopäästöt vuonna 2010 hiilinielut mukaanlukien ovat yhteensä 518,2 MtCO<sub>2</sub>e. [4] Tämän diplomityön tulososuudessa hiilinielujen vaikutusta ei ole huomioitu, mutta niiden kehittämistä ja ylläpitoa kannustetaan Pariisin ilmastopöytäkirjassa [7].



Kuva 5: Etelä-Afrikan päästöjakauma sektoreittain vuonna 2010 ilman hiilinieluja[4]

Etelä-Afrikan kokonaispäästöt ovat olleet vuosikymmenten aikana nousussa. Vuodesta 2000 vuoteen 2010 päästöt ovat kasvaneet 21,1 prosenttia ja vuodesta 1990 vuoteen 2000 kasvua oli 29,4 prosenttia. [4] Etelä-Afrikan osuus koko Afrikan päästöistä on noin puolet [42].

Etelä-Afrikka on koonnut ja julkaissut päästötietonsa ajanjaksolle 2000–2010 ilmastomuutoskonventin ohjeistuksen mukaisesti. Etelä-Afrikan kansallinen kasvihuonepäästöinventaarioraportti (englanniksi *GHG National Inventory*

*Report South Africa 2000–2010*) julkaistiin marraskuussa 2014. [4] Raportti on pakollinen osa Etelä-Afrikan ensimmäistä kaksivuotista kehitysraporttia ilmastonmuutoskonventille (englanniksi *South Africa's 1st Biennial Update Report*) [5]. Vuonna 2016 on julkaistu vedos raportin uudesta versiosta, joka sisältää vuosien 2011 ja 2012 päästötiedot sekä korjaa hieman vuoden 2014 inventaariota [43]. Tässä diplomityössä hyödynnetään virallista ilmastonmuutoskonventin vuoden 2014 julkaisua.

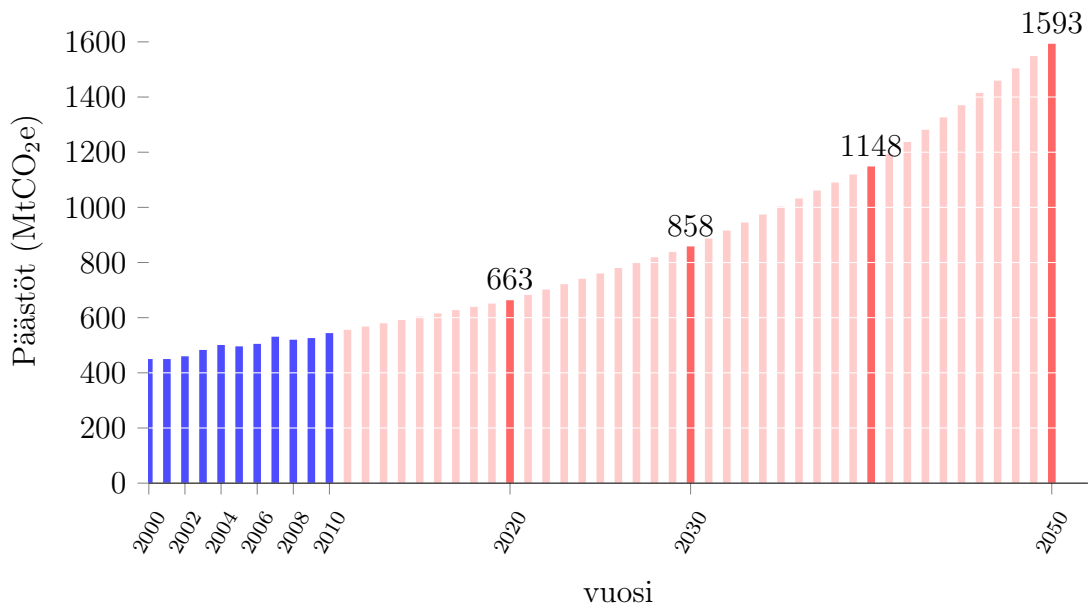
Päästötietokannan ylläpitämisestä on vastuussa ympäristöasiainministeriö (englanniksi *Department of Environmental Affairs*, lyhennetään DEA). Vuoden 2014 ilmastonmuutoskonventin päästöraportti ja vuoden 2016 vedosversio perustuvat vapaaehtoiseen päästötietojen ilmoittamiseen [4][43]. Raportissa on pyritty seuraamaan IPCC:n suosituksia kasvihuonepäästöjen ilmoittamisesta, mutta johtuen raportoinnin, teknologian ja tiedon keräämisen rajoitteista, päästötiedoissa esiintyy puutteita ja tarkkuusvirheitä [4]. Etelä-Afrikka on kehittämässä parempaa päästötietojen raportointijärjestelmää, joka muuttaisi päästötietojen luovuttamisen pakolliseksi [40].

Ympäristöasiainministeriö julkaisi Etelä-Afrikan nykyiset arviot päästöjen normaalista kehityksestä vuonna 2014. Raportti sisältää erilaisia tapauksia. Tässä diplomityössä hyödynnetään arviota päästöjen kehityksestä, joka ottaa huomioon jo käytössä olevat päästöjen vähennysmenetelmät. [44] Tämän diplomityön tulososiossa kappaleessa 8.2 on esitetty täydennetty versio, joka sisältää päästöjen ylä- alarajat.

Etelä-Afrikka arvioi kasvihuonepäästöjen kehittyvän ilman vähennystoimia seuraavasti:

- 663 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2020
- 858 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2030
- 1148 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2040
- 1236 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050. [44]

Kuvassa 6 on koottu Etelä-Afrikan historialliset päästöt ilman hiilinielujen vaikutusta vuodesta 2000 vuoteen 2010, jotka perustuvat ilmastonmuutoskonventille luovutettuun kasvihuonepäästöinventaarioon. Lisäksi kuvassa on Etelä-Afrikan arvio päästöjen kehityksestä nykyisillä päästövähennystoimilla.



Kuva 6: Etelä-Afrikan historialliset päästöt ilman hiilinielujen vaikutusta ja arvio päästöjen kehityksestä olemassaolevien vähennystoimien perusteella [4][44]

### 5.3 Ilmanlaatu

Etelä-Afrikassa on hyvin huono ilmanlaatu Gautengin provinssissa sijaitsevilla metropolialueilla, tämä johtuu pääosin liikenteestä. Lisäksi maan koillisosassa, Mpumalangan provinssissa, sijaitsee suurin osa maan hiilivoimaloista, mikä lisää ilmansaasteita alueilla ja nostaa paikallisia rikkidioksidi  $\text{SO}_2$  pitoisuuksia.

Maaailman terveysjärjestö WHO suosittelee  $\text{PM}_{2.5}$ -pienhiukkasten vuoden keskiarvoksi alle  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 24 tunnin keskiarvoksi alle  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lisäksi  $\text{PM}_{10}$ -pienhiukkasille suositellaan vuoden keskiarvoksi alle  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 24 tunnin keskiarvoksi alle  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . [23]

Taulukossa 6 on esitetty Maaailman terveysjärjestön vuoden 2016 tietokannasta poimittuja ilmanlaatutietoja Etelä-Afrikasta. Mittaustulokset ovat peräisin Etelä-Afrikan ilmanlaatutietojärjestelmästä, jonka tulokset eivät ole vapaassa levityksessä. Mittaukset ovat vuodelta 2014, lukuun ottamatta Jo-

hannesburgia, jonka tiedot ovat vuodelta 2011. [45]

Gautengin alueella erittäin korkeat vuoden keskiarvot  $PM_{2.5}$ - ja  $PM_{10}$  - pienhiukkasille ovat esimerkiksi Pretoriassa ( $51$  ja  $63 \mu g/m^3$ ), Johannesburgissa ( $41$  ja  $85 \mu g/m^3$ ), Vereenigingissa ( $34$  ja  $58 \mu g/m^3$ ) ja Sebokengissa ( $31$  ja  $42 \mu g/m^3$ ). Mpumalangan alueella vuoden keskiarvo  $PM_{2.5}$ - ja  $PM_{10}$ -pienhiukkasille oli  $31$  ja  $61 \mu g/m^3$ . Kaikkein huonoin ilmanlaatu Etelä-Afrikassa on Hartebeespoortissa ( $60$  ja  $119 \mu g/m^3$ ), joka sijaitsee korkeapäästöisen metropolialueen ja suurimpien hiilivoimalaitosten välissä. [45]

Taulukko 6:  $PM_{2.5}$ - ja  $PM_{10}$ -pitoisuudet Etelä-Afrikan kaupungeissa ja maailman terveysjärjestö WHO:n suositukset [23][45]

Alue	$PM_{2.5}$ Vuoden keskiarvo $\mu g/m^3$	$PM_{10}$ Vuoden keskiarvo $\mu g/m^3$
WHO suositus	10	20
Hartebeespoort	60	119
Johannesburg	41	85
Middleburg	13	24
Mpumalanga	31	61
Sebokeng	31	42
Tshwane [Pretoria]	51	63
Vereeniging	34	58
Zamdela	30	56

Vuonna 2004 luotu ilmanlaatulaki (englanniksi *Air Quality act*)[46] astui voimaan 2010 ja se asettaa teollisuudelle ja muulle tuotannolle päästörajoituksia. Etelä-Afrikka on tällä hetkellä ainoa Afrikan maa, joka asettaa teollisuudelle ja tuotannolle päästörajoituksia [47]. Lain mukaisesti Etelä-Afrikka on aloittanut vanhojen hiilivoimalaitosten uusimisen ja 50 vuoden käyttöiän saavuttaneiden voimaloiden lakkauttaminen suunnitellaan alkavan tämän vuosikymmenen loppupuolella [48].

Päästöt ja ilmastonmuutos ovat johtaneet Etelä-Afrikassa oikeudenkäyntiin. Earthlife Africa Johannesburg haastoi Etelä-Afrikan ympäristöministeriön oikeuteen uuden 1 200 megawattin Thabametsi-hiilivoimalaitoksen hyväksymisen jälkeen. Voimalaitos oli hyväksytty ilman sen ympäristövaikutusten arviointia. Vuonna 2017 Earthlife voitti oikeudenkäynnin ja korkein oikeus määräsi ympäristöministeriön käsittelemään Thabametsin hyväksymisen uudelleen ja ottamaan huomioon sen ilmastovaikutukset. [49]



## 5.4 Ilmastomuutoksen riskit

Etelä-Afrikassa ilmastomuutosta pidetään vakavana ongelmana. Ilmastomuutoksen riskitekijöitä ja mahdollisia vaikutuksia on tutkittu Etelä-Afrikassa ja kokoelma eri tutkimusten tuloksista julkaistiin omana osionaan Etelä-Afrikan ensimmäisessä ilmastomuutosraportissa vuonna 2016 [40].

Maa on kuiva ja lämmin, mutta keskimäärin jonkin verran viileämpi ja saateisempi kuin muu Afrika. Lämpötilan nouseminen ja kuivuus korostavat maan nykyistä vesipulaa ja heikentävät ruokaturvallisuutta. Koska maassa köyhyyttä on laajalti, nähdään se ongelmia korostavana tekijänä. Perustarpeiden puuttuminen lisää riskiä altistua ilmastomuutokselle. Esimerkiksi huonot asunnot eivät kestä äärimmäisiä sadeilmiöitä kuten tulvia. Köyhällä väestöllä on huonommat mahdollisuudet selviytyä ja palautua sään ääri-ilmiöistä tai esimerkiksi vesi- ja ruokakustannusten noususta. [40]

IPCC:n arviointiraportin mukaan ilmastomuutos hyvin todennäköisesti johtaa alueella lämpötilan nousuun ja osaan ekosysteemeistä ilmastomuutoksella on jo nyt vaikutuksia. Tulevaisuudessa ilmastomuutos tulee hyvin todennäköisesti rasittamaan vähäisiä vesivarantoja. Sademäärät tulevat erittäin todennäköisesti heikentämään maanviljelyn tuotantoa ja vaarantamaan ruokaturvallisuutta. Sademäärissä IPCC:n mukaan on pieni laskeva suuntaus. [26]

## 5.5 Energiasektori

### 5.5.1 Yleinen

Etelä-afrikan kokonaisprimäärienergiankulutus (TPES) vuonna 2013 oli Etelä-Afrikan energiaministeriön mukaan noin 5300 petajoulea, josta noin 75 prosenttia tuotetaan hiilellä. Toiseksi eniten kulutetaan öljyä, joka kattaa noin 18 prosenttia maan kulutuksesta. Loput energiasta tuotetaan ydinvoimalla, uusiutuvilla energianlähteillä ja maakaasulla. [50] Fossiilisten polttoaineiden osuus on ollut maassa aina yli 90 prosenttia [42].

Etelä-Afrikalla on paljon hiilivaroja, mikä erottaa sen muusta Afrikasta. Maa on seitsemänneksi suurin hiilen tuottaja maailmassa [51]. Noin 30% tuotetusta hiilestä viedään ulkomaille. Yhteensä maan energian tuotanto on 6300 petajoulea. Suurin osa maan hiilivaroista sijaitsee maan koillisosissa Mpumalangan, KwaZulu-Natalin ja Limpopon provinseissa. Hiiltä käytetään pää-

osin sähköntuotannossa ja voimalaitokset sijaitsevat lähellä hiiliesiintymiä. Suurin osa käytetystä öljystä tuodaan Lähi-idästä. Maasta on löydetty maa-kaasua, mutta se esiintyy liuskekaasuna, johon tarvittavaa teknologiaa ja osaamista Etelä-Afrikassa ei vielä ole. Tulevaisuudessa maakaasun käyttö voi olla lupaavaa, mutta veden niukkuus aiheuttaa liuskekaasun hyödyntämiselle lisähaasteita. Muita luonnonvaroja Etelä-Afrikalla on runsaasti. Esimerkiksi maailman uraanista 18% ja neljä viidesosaa maailman platinasta tulee Etelä-Afrikasta. [42][50]

Energian kokonaisloppukulutus vuonna 2013 oli noin 2 494 petajoulea. Kulutukseltaan suurimmat sektorit ovat

- teollisuus, noin 49 prosenttia
- liikenne, noin 33 prosenttia
- ja asuminen, noin 6 prosenttia kokonaiskulutuksesta. [50]

### 5.5.2 Eskom ja sähkön tuotanto-ongelmat 2007–2015

Eskom Holdings SOC Ltd on Etelä-Afrikan valtion omistama sähköntuotantaja siirtoyhtiö, joka perustettiin vuonna 1923. Eskom tuottaa yli 90 % koko Etelä-Afrikan sähköstä ja noin 40 % koko Afrikan sähköstä. Sen omistuksessa on 28 voimalaitosta, joiden yhteenlaskettu kapasiteetti on 42 810 MW. [52]

Eskomilla on ollut vakavia sähköntuotanto-ongelmia vuosien 2007 ja 2015 aikana. Vuosien 2013 ja 2015 välillä Etelä-Afrikassa oli useita sähkökatkoksia. Eskom hyödynsi ajanjakson aikana aluettaisia kuormanpudotuksia hallitakseen sähköverkkoa, mutta ongelma korostui voimalaitosten toimintaongelmien vuoksi. Näiden vuosien aikana Eskom hyödynsi paljon kahta OCGT-varavoimalaitosta. Dieselläkäyttöisten OCGT-voimalaitoksien tuotanto vuosina 2013–2015 oli noin 3 621 – 3 936 GWh. Tästä aiheutuneet kustannukset vuosittain olivat noin 8,7–10,6 miljardia randia, nykykurssilla noin 530 – 660 miljoonaa euroa. [52]

Ongelmat saivat alkunsa Eskomin liian suurista investoinneista 70- ja 80-luvulla. Etelä-Afrikan sähkön hinta oli 90-luvulla alhaisin koko maailmassa. Vuonna 2007 sähkö maksoi vain 2,5 USc/kWh. Vuosikymmenten ajan uusia investointeja ei toteutunut, ja vuonna 2004 oli selvää, että Eskomin tuotanto ei tule riittämään seuraavina vuosina. Eskom investoi suuriin uusiin hiilivoimalaitoksiin Medupi ja Kusile, joiden valmistus viivästyi. [42][53] Nämä voimalaitokset eivät ole vielä valmistuneet.

Vuonna 2010 Etelä-Afrikan energiaministeriö ennusti resurssisuunnitelmassa (IRP) sähkön tuotanto-ongelmien jatkuvan vuoteen 2016, jonka jälkeen tuotanto korjaantuu. [54] Tämä ennustus piti paikkansa, mutta ongelmien vakavuus oli odotettua suurempi. Energiaministeriö odotti Eskomin voimaloiden käyttöasteen olevan yli 86 prosenttia [54]. Todellisuudessa näinä vuosina Eskomin voimalaitosten käyttöaste putosi ajoittain alle 70 prosentin [52].

Eskomin ongelmat johtivat vuoden 2015 alussa hallituksen ”enerbiasotahuoneeseen”, jossa hyväksyttiin Eskomin 1,9 miljardin Yhdysvaltain dollarin pelastuspaketti [53]. Muut päätökset kiihdyttivät maan uusiutuvien ja energiasektorin suunnittelua. Eskomin toimitusjohtaja Brian Molefe erosi marraskuussa 2016.

### 5.5.3 Sähköntuotanto ja tulevaisuuden kehitys

Sähköntuotannon päätöksenteosta vastaa Etelä-Afrikassa energiaministeriö. Tärkein Energiaministeriön julkaisu on integroitu resurssisuunnitelma (englanniksi *Integrated Resource Plan*, lyhennetään IRP). Tämä suunnitelma määrittää kuinka paljon uutta sähköntuotantoa Etelä-Afrikassa tarvitaan ja millä energianlähteillä tuotanto toteutetaan. Uusin IRP on vuodelta 2010 ja uusin hyväksytty päivitetty versio on vuodelta 2011. Suunnitelma koskee sähköntuotantoa vuosien 2010 ja 2030 välillä. [54]

Tässä kappaleessa käytetyt sähköntuotanto tiedot ovat peräisin Etelä-Afrikan valtion omistaman Eskomin vuoden 2016 vuosiraportista [52]. Maan energiaministeriön ylläpitämät tiedot sähköntuotannosta ovat vanhentuneet [50].

Etelä-Afrikan kokonaissähköntuotantokapasiteetti vuonna 2015 oli yhteensä 46,2 gigawattia. Sähkön kokonaistuotanto oli noin 242,6 TWh, josta hiilivoimalla tuotetaan noin 82 % eli noin 199,9 TWh. Maan ainoa ydinvoimala Koeberg I ja II tuottaa noin 12,2 TWh eli noin viisi prosenttia. Uusiutuvien energianlähteiden osuus on alle viisi prosenttia ja sisältää pääosin vesi, tuuli- ja aurinkovoimaa. Valtaosa sähköstä menee teollisuuden käyttöön. [52]

Vuoden 2011 integroidun energiasuunnitelman mukaan vuonna 2030 sähköntuotanto on yhteensä 454 TWh ja kokonaissähköntuotantokapasiteetti on yhteensä 85,2 gigawattia. Hiilivoiman osuus sähköntuotannosta putoaa noin 65 prosenttiin, ja ydinvoiman osuus kasvaa 20 prosenttiin. Aurinko- ja tuulivoimaa rakennetaan saman verran, kokonaisosuus on noin 9 prosenttia. [54]

Tällä hetkellä sähköntuotannon tulevaisuuden kehitys Etelä-Afrikassa on epävarmaa. Uutta integroitua resurssisuunnitelmaa on odotettu pitkään. Suunnitelman mukaan energiaministeriön tulisi luoda uudistuksen vähintään kah-

den vuoden välein [54]. Vuonna 2013 uudistettua versiota ei koskaan hyväksytty [55]. Viimeisin vuonna 2016 luotu suunnitelma odottaa palautetta ja hyväksyntää [48]. Vuoden 2016 IRP:n vedoskappale on aiheuttanut paljon kritiikkiä. Esimerkiksi tutkimuslaitos CSIR:n [56] mukaan tuuli- ja aurinkovoiman (PV) kustannukset ovat energiasuunnitelmassa yliarvioitu. Lisäksi aurinko- ja tuulivoiman kapasiteettirajoituksilla ei ole CSIR:n mukaan mitään teknistä perustelua [56]. CSIR on tutkimuslaitos Etelä-Afrikassa, joka on muun muassa vastuussa Etelä-Afrikan virallisista sähköntuotannon kysynnän arvioista ja ilmastomuutoskonventin teknisistä selvityksistä.

Yksi ongelmakohta Etelä-Afrikan sähköntuotannon kehityksessä on ydinvoima. Vuonna 2014 presidentti Jacob Zuma teki yhdessä Venäjän presidentti Vladimir Putinin kanssa sopimuksen uudesta ydinvoimasta. Ydinvoimaa sovitettiin rakennettavaksi Rosatomin toimesta 9,6 GW vuoteen 2030 mennessä. Tämä sopimus julistettiin Etelä-Afrikan oikeusistuimessa lainvastaiseksi huhtikuussa 2017 [57].

#### 5.5.4 Yksityiset sähköntuottajat

Osana Etelä-Afrikan ilmastotavoitteita, maassa asetettiin tavoitteita uusiutuvalla energiantuotannolle. Vuonna 2003 Etelä-Afrikka asetti tavoitteeksi saavuttaa 10 GWh uusiutuvaa energiaa vuoteen 2013 mennessä. Tähän tavoitteeseen ei päästy. Energiaministeriön vuoden 2010 yhdistetty resurssi-suunnitelma pohti yksityisen sähköntuotannon mahdollisuuksia ja syöttötariffeja [54]. Syöttötariffiohjelma käynnistettiin, mutta sitä ei hyödynnetty lainkaan ennen sen lakkauttamisesta kahden vuoden päästä. [58]

Vuonna 2011 Energiaministeriö julkisti uuden huutokauppajärjestelmän uusiutuvalla energialle, nimeltään uusiutuvien energianlähteiden yksityinen sähkönhankintaohjelma eli REIPPP (englanniksi *Renewable Energy Independent Power Procurement Program*). Aiemmat yksityisten energiantuottajien projektit oli annettu Eskomin hoidettavaksi. Näistä projekteista ainoastaan OCGT-voimalaitokset olivat onnistuneita. REIPPP:n kohdalla vastuu ohjelmasta oli energiaministeriöllä, joka loi projektille oman itsenäisen työryhmän valtionvarainministeriön avustuksella. [58]

REIPPP-projekti on ollut hyvin onnistunut ja vuonna 2015 sen kautta on hyväksytty 79 uutta uusiutuvan energian projektia, joiden yhteiskapasiteetti on 5 243 MW. Noin 6 300 MW on rakenteilla. Yksityisen sektorin investoinnit ovat yhteensä 16 miljardia Yhdysvaltain dollaria. [59] Noin vajaa puolet projekteista on Etelä-Afrikkalaisten rahoittamia [60].

Tällä hetkellä yksityisten sähköntuottajien sähköntuotanto on vielä vaatima-

ton: noin 3,39 GW. Kapasiteetista aurinko- ja tuulivoimaa on molempia yksi gigawatti. [52]

### 5.5.5 Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali

Tutkimuslaitos CSIR:n tutkimuksen mukaan Etelä-Afrikan tuuli- ja aurinkoenergian potentiaali on valtava. Tuulivoimaa voidaan hyödyntää yli 80 % osuudella Etelä-Afrikan maa-alasta. Aurinkokennoteknologian sähköntuotanto on hieman vähäisempää talvella, mutta on muutoin hyvin tasaista. Yhdessä tuulivoiman kanssa uusiutuvien energianlähteiden osuus voi olla noin 20–30 % sähköntuotannosta, aiheuttamatta merkittävää vaihtelua tai häiriötä sähköverkossa. [61]

CSIR arvioi, että kokonaispotentiaali aurinkovoimalle hyödyntäen vain käytännöllisiä ja ympäristöystävällisiä alueita on noin 292 gigawattia, sisältäen 72 gigawattia kattopaneeleita ja 220 gigawattia aurinkokennoja. Vastaavilla alueilla tuulivoiman kokonaispotentiaali on noin 57 gigawattia. CSIR:n mukaan pelkästään nämä alueet riittävät koko Etelä-Afrikan sähkön tuotantoon. [61]

Suurin energian kysyntä on Etelä-Afrikassa talvi-iltoina. Kysynnän huippuajankoina aurinkovoimaa ei voida hyödyntää [52]. Sen sijaan tuulivoima on hyvin käytännöllistä näinä ajankohtina [61][62]. Diab toteaa vuoden 1995 tutkimuksessa parhaiden tuuliolosuhteiden olevan maan eteläisessä kärjessä rannikkoalueilla. Samassa tutkimuksessa tuulen voimakkuuden arvioidaan olevan 25%–30% voimakkaampaa talvella kuin muina vuodenaikoina. [62]

## 5.6 Ilmastotavoitteet ja -strategia

### 5.6.1 Yleinen

Taulukossa 7 on esitetty tärkeitä vuosilukuja liittyen Etelä-Afrikan nykyisiin ilmastotavoitteisiin.

Etelä-Afrikka aloitti ilmastonmuutoksen vastaisen työn varhaisessa vaiheessa ratifioimalla 1997 YK:n ilmastonmuutoskonventin ja vuonna 2002 Kioton pöytäkirjan. Koska Etelä-Afrikka on kehittyvä valtio, se ei ole velvoitettu Kioton pöytäkirjan tavoitteisiin. Siitä huolimatta Etelä-Afrikassa aloitettiin ilmastonmuutoksen vastaisen työn suunnittelu, jonka tuloksena vuonna 2007 luotiin pitkän tähtäimen päästövähennysskenaarioita (englanniksi *Long term*

Taulukko 7: Tärkeitä tapahtumia Etelä-Afrikan ilmastotavoitteissa

Vuosi	Tapahtuma
1997	Ilmastonmuutoskonventin ratifiointi
2004	Ilmanlaatulaki hyväksytty
2007	<b>Pitkän tähtäimen päästövähennysskenaariot (LTMS) julkaistu</b>
2009	Kööpenhaminan ilmastokokous COP15 ja päästölupaukset
2010	Yhdistetty resurssisuunnitelma IRP
2011	Durbanin ilmastokokous (COP17)
2011	<b>Kansallinen ilmastonmuutossuunnitelma NCCR</b>
2011	<b>Uusiutuvien energianlähteiden yksityinen hankintaohjelma REIPPP</b>
2012	Kansallinen kehityssuunnitelma, vuoden 2030 visio NEP
2014	Kasvihuonepäästöjen vähennyspotentiaalianalyysi
2014	Ilmastonmuutoskonventin kaksivuotisraportti
2014	Kasvihuonepäästöinventaario (UNFCCC)
2015	<b>Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteet (INDC)</b>
2016	Integroitu resurssisuunnitelma (IRP), vedoskappale
2016	Integroitu energiasuunnitelma (IEP), vedoskappale
2016	Etelä-Afrikan vuosittainen ilmastonmuutosraportti

*mitigation scenarios*, lyhennetään LTMS) [63]. Vuonna 2009 Kööpenhaminan ilmastokokouksessa Etelä-Afrikan presidentti lupasi 6. joulukuuta 2009 vähentää maan päästöjä 34 prosentilla vuoteen 2020 mennessä ja 42 prosentilla vuoteen 2025 mennessä verrattuna normaaliin päästöjen kehitykseen. Nämä tavoitteet luotiin LTMS:ää apuna käyttäen ja edellyttävät kansainvälistä tukea. Vuonna 2011 Etelä-Afrikka isännöi Durbanin ilmastokokouksen (COP17), jossa sovittiin maailmanlaajuisen laissa sitovan ilmastopöytäkirjan tekemisestä vuoteen 2015 mennessä.

### 5.6.2 Ilmastostrategia

Etelä-Afrikassa ilmastonmuutoksen vastaisesta suunnittelusta on vastuussa ympäristöasiainministeriö DEA. Etelä-Afrikan perustuslain pykälä 24 velvoittaa ministeriön vähentämään päästöjä ja ympäristön rapautumista, edistämään luonnonsuojelua ja suojaamaan kestävästä kehityksestä ja luonnonresurs-

sien käyttöä ottaen huomioon taloudellisuuden ja kansalaisten tarpeet. [64] DEA valmistelee Etelä-Afrikan ilmastostrategian, kansainväliset julkaisut YK:lle, ilmanlaatuun ja päästöihin liittyvät suositukset ja rajoitukset sekä suosittelee ilmastonmuutoksen sopeutumistoimia. DEA saa tukea muilta ministeriöiltä ja tahoilta tarvittaessa. Lisäksi YK:n julkaisuissa DEA on saanut taloudellista tukea kansainvälisiltä yhdistyksiltä [65][4]. Koska DEA:lla on hyvin rajallisesti toimeenpanovaltaa, suunnitelmien ja asetusten toteuttaminen on hallituksen, muiden ministeriöiden ja eri provinssien vastuulla.

Etelä-Afrikan hallitus hyväksyi vuonna 2011 kansallisen ilmastonmuutos-suunnitelman (englanniksi *National Climate Change Response White Paper*, lyhennetään NCCR), joka toimii pohjana Etelä-Afrikan ilmastopolitiikalle. Ilmastonmuutossuunnitelman päästövähennystavoitteet ovat osa Etelä-Afrikan Pariisin ilmastopimuksen lupauksia (INDC) [59].

Suunnitelmassa on määritelty päästökaton saavuttaminen vuosien 2020 ja 2025 välisenä aikana, päästöjen tasaantuminen kymmeneksi vuodeksi ja lopulta niiden kääntyminen laskuun. Päästöhuipulle annetaan vaihteluväli, jonka ala-arvo on 398 MtCO<sub>2</sub> ja yläarvot ovat 583 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2020 ja 614 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2025. Nämä arvot vastaavat Etelä-Afrikan vuoden 2009 lupauksia vähentää päästöjä verrattuna perustasoon 34 ja 42 prosentilla vuosina 2020 ja 2025. Huippupäästöt tasaantuvat 398 MtCO<sub>2</sub>e ja 614 MtCO<sub>2</sub>e välille. Päästöt kääntyvät laskuun noin vuonna 2036 ja vuonna 2050 ovat alhaisimmillaan 212 MtCO<sub>2</sub> ja korkeimmillaan 428 MtCO<sub>2</sub>.

Ilmastonmuutossuunnitelman edistystä seurataan vuosittain julkaistavalla ilmastonmuutosraportilla. Ensimmäinen ilmastonmuutosraportti julkaistiin elokuussa 2016. Raportti on yleisluonteinen katsaus Etelä-Afrikan ilmastonmuutoksenvastaisiin toimiin. [40]

Joitain 2016 ilmastoraportin avainkohtia:

- Eri ilmasto-ohjelmien yhteenlaskettu päästövähennysvaikutus vuonna 2014 on 611,5 MtCO<sub>2</sub>e, josta 76 MtCO<sub>2</sub>ee on vähennetty vuoden 2014 aikana.
- Ilmastonmuutoksen vastaisia suunnitelmia on luotu kaikissa provinseissa ja metropolialueilla, mutta hyvin harva näistä ilmastotavoitteista on siirtynyt muihin suunnitelmiin.
- Etelä-Afrikan saama kansainvälinen tuki ilmastonmuutoksen vastaiselle työlle ja vähäpäästöiselle taloudelle on 2,1 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuosina 2000–2014.

- Valtion tasolla vuoden 2011 ilmastonmuutossuunnitelman tavoitteet ovat siirtyneet rajallisesti muuhun päätöksentekoon.
- Vain pieni osa kunnista ja piireistä on luonut ilmastonmuutoksen vastaisia suunnitelmia. [40]

### 5.6.3 Puhtaan energian tavoitteet

Etelä-Afrikan sähköntuotannon tulevaisuuden suunnitelmat ovat tällä hetkellä epävarmoja. Valtion tavoitteet riippuvat tällä hetkellä päivitystä ja hyväksyntää odottavissa energiaministeriön suunnitelmissa. Suunnitelmat ovat vuosien 2016 integroitu resurssisuunnitelma IRP [48] ja integroitu energia-suunnitelma [66] (englanniksi *Integrated Energy Plan*, lyhennetään IEP). Joi-tain vanhentuneita tavoitteita ja uusiutuvan energianlähteiden kehitystä on käsitelty kappaleissa 5.2.2 ja 5.2.4.

### 5.6.4 Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet

Etelä-Afrikan lupaukset Pariisin ilmastopimuksessa sisältävät ilmastonmuutokseen sopeutumis suunnitelmia kustannusarvioineen ja päästövähennystavoitteita.

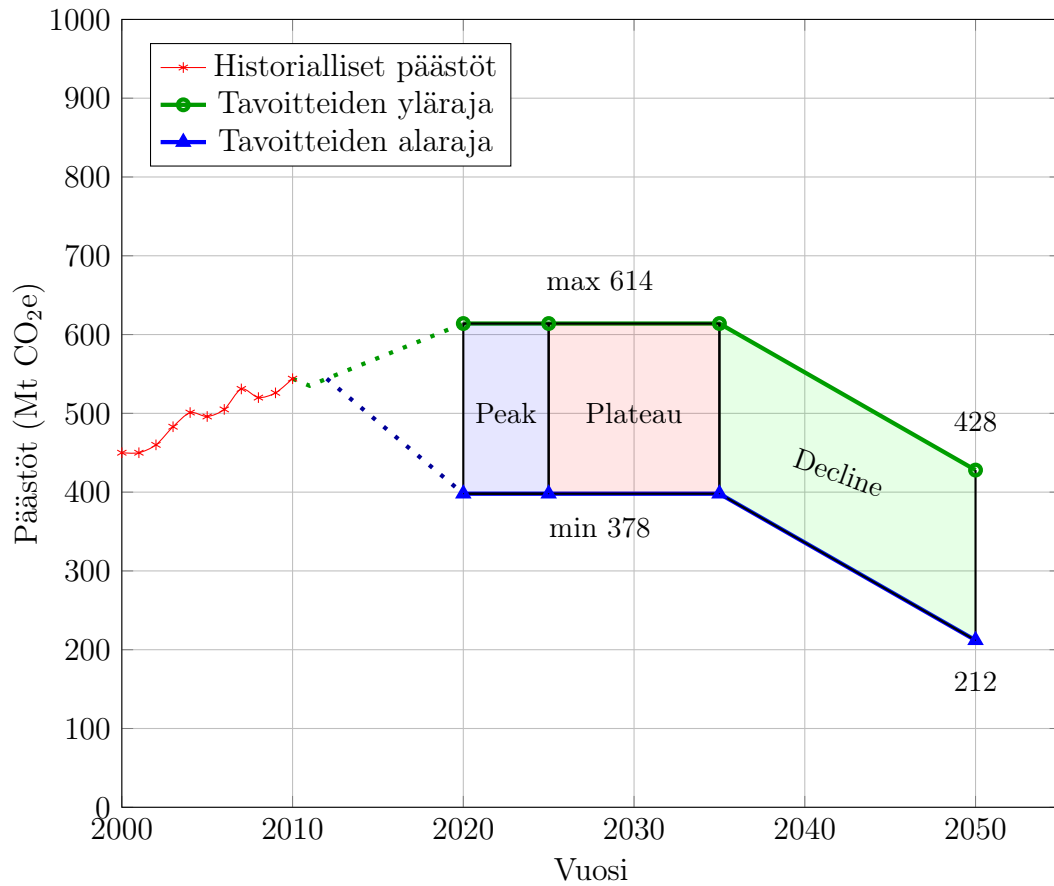
Etelä-Afrikan päästöstrategia on nimeltään *“Peak, plateau and decline”*, ja se on esitetty kuvassa 7. Strategia on lähtöisin vuoden 2011 kansallisesta ilmastonmuutossuunnitelmasta (NCCR) [67]. Pariisin ilmastopimuksessa tämä strategia on pysynyt melkein muuttumattomana. Se ei sisällä päästöille vuoden 2020 ylärajaa, eikä lukuarvoja päästövähennyksille päästöjen tasaantumisen jälkeen. INDC:n mukaan NCCR:ssä julkaistut arvot päästöjen tasaantumisen kuitenkin pätevät edelleen, joten ne on esitetty kuvassa 7. [67][59]

Päästövähennystavoitteissa päästrategiana on päästökatto, päästöjen tasaantuminen ja kääntyminen lopulta laskuun. Vuosien 2020–2025 välillä saavutetaan päästökatto. Päästöt tasaantuvat 398 ja 614 MTCO<sub>2</sub>e välille noin kymmeneksi vuodeksi. Luvattu väliaika päästöjen tasaantumiselle on 2025 ja 2030.

Etelä-Afrikka painottaa maan jäykkyyttä toteuttaa ilmastotavoitteita lyhyellä tähtäimellä, eli noin vuoteen 2025 asti. Tällä hetkellä Etelä-Afrikka pyrkii keskittymään köyhyyden ja eriarvoisuuden lieventämiseen maassa. [59] Etelä-Afrikan mukaan Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet ovat tämän hetkinen



maan maksimaalinen päästöjenvähennyskyky [59]. Tämä voi tarkoittaa tavoitteiden kehittymistä, jos muut olosuhteet Etelä-Afrikassa paranevat.



Kuva 7: Etelä-Afrikan “Peak, plateau and decline”-päästöstrategia[59][67]

## Luku 6

# Indonesia

### 6.1 Tausta

Indonesian tasavalta sijaitsee Kaakkois-Aasiassa ja koostuu yhteensä 17 000:sta saaresta, joista 6000 ovat asutettuja. Rannikkoa Indonesialla on yhteensä 95 181 kilometriä. [68] Indonesia koostuu 34:stä provinssista, 99:stä kaupungista, 410:stä sijaishallituksesta (englanniksi *regency*), 6 543:sta alueesta ja 75 244:stä kylästä. Päätöksentekovalta ja -vastuu esimerkiksi energia- ja ympäristöasioissa on hajautettu tasaisesti kaikille näille alueille. [69]

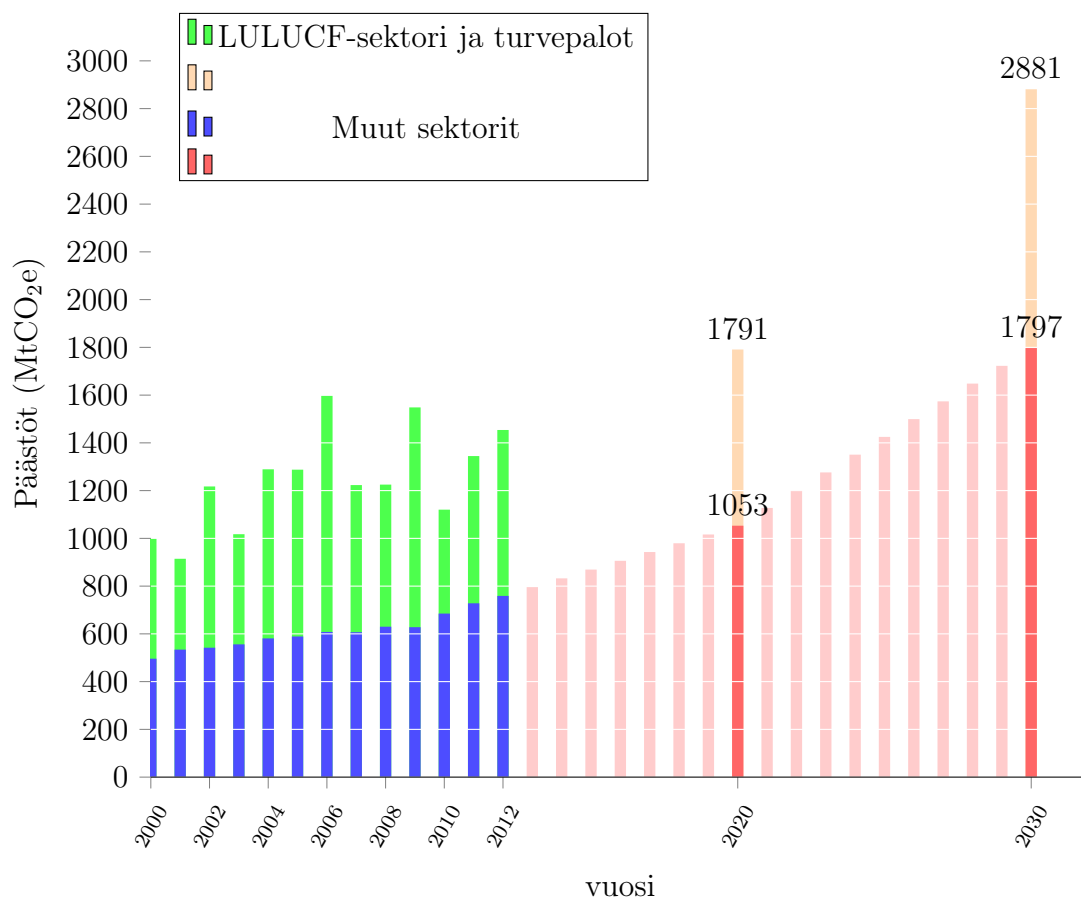
Indonesian kokonaispinta-ala on yhteensä 1 811 570 neliökilometriä [11]. Indonesian metsätalousministeriön mukaan vuonna 2013 Indonesialla on metsäalueita noin 128,4 miljoonaa hehtaaria. [68]

Indonesialla on maailman neljänneksi suurin väkiluku, vuonna 2016 Indonesiassa eli noin 261,1 miljoonaa ihmistä [14]. Yli puolet väestöstä elää Javan saarella, jossa sijaitsee Indonesia pääkaupunki Jakarta. Muita pääsaaria ovat Sumatra, Kalimantan, Sulawesi ja Papua. Sumatra on pinta-alaltaan suurin täysin Indonesian hallussa oleva saari ja sen lähellä sijaitsevat naapurimaat Malesia ja Singapore. [68]

Indonesian bruttokansantuote vuonna 2016 oli yhteensä 932,3 miljardia dollaria. Indonesia on Meksikon jälkeen 16. suurin talous maailmassa. Vuosina 2004–2012 Indonesian talous kasvoi vahvasti noin 4,6–6,5% vuodessa. Vuoden 2012 jälkeen talous kääntyi laskuun vuoteen 2015 asti. Vuodesta 2015 vuoteen 2016 bruttokansantuote kasvoi yli 8 prosenttia. [15]

## 6.2 Päästöt

Indonesian kokonaispäästöt vuonna 2000 olivat yhteensä 1 004 MtCO<sub>2</sub>e, ja vuonna 2012 yhteensä 1 457 MtCO<sub>2</sub>e. Jos luvuista suljetaan pois LULUCF-sektori ja turvepalojen aiheuttamat päästöt, saadaan päästöiksi 496 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2000 ja 759 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2012. LULUCF-sektorista sekä metsä- ja turvepaloista johtuvat päästöt vaihtelevat riippuen monesta eri tekijästä esimerkiksi El Ninön voimakkuudesta [70]. Muiden sektoreiden päästöt ovat tasaisesti kasvaneet vuodesta 2000 vuoteen 2012 [68].

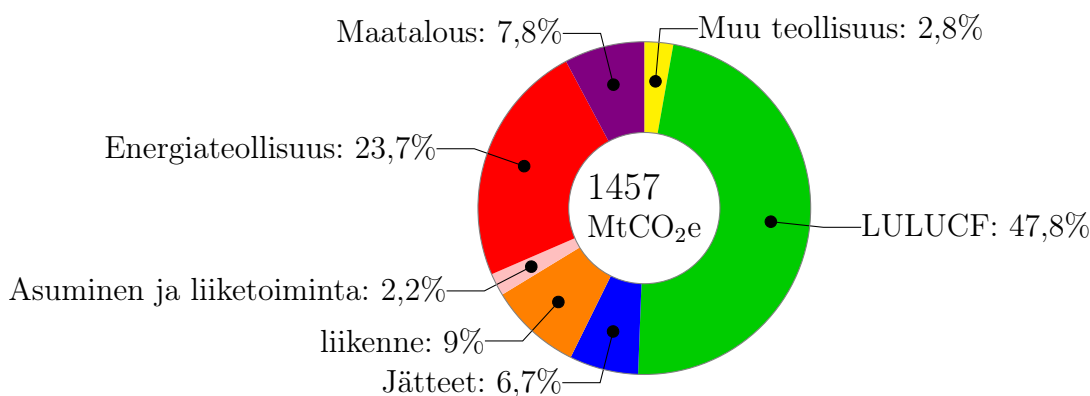


Kuva 8: Indonesian päästöt vuodesta 2000 vuoteen 2012 ja arvio päästöjen kehityksestä [68][71]

Kuvassa 8 on esitetty Indonesian historialliset päästöt vuodesta 2000 vuoteen 2012. Kuvassa on eritelty LULUCF-sektorin ja turvepalojen aiheuttamat päästöt muiden sektoreiden päästöjen yläpuolelle. Lisäksi kuvassa ovat Indonesian arviot päästöjen kehityksestä vuoteen 2030 asti [71]. Keskimäärin LULUCF-sektorin osuus on noin puolet kokonaispäästöistä, joskin sen osuus voi vaihdella paljon vuosittain. Esimerkiksi vuonna 2006 LULUCF-sektorin osuus oli yli 60 prosenttia, joka johtui laajoista metsäpaloista turvealueilla. [68]

Indonesian päästöt ovat kasvussa. Indonesian antamat arviot Pariisin ilmasopimuksen lupauksissa ovat vuonna 2020 noin 1 791 MtCO<sub>2</sub>e ja vuonna 2030 yhteensä 2 881 MtCO<sub>2</sub>e. Ilman LULUCF-sektoria arviot päästöistä ovat vuonna 2020 yhteensä 1 053 MtCO<sub>2</sub>e ja vuonna 2030 noin 1 797 MtCO<sub>2</sub>e. [71] Nämä arviot voi nähdä historiallisten päästöjen kanssa kuvassa 8.

Kuvassa 9 on esitetty Indonesian päästöjen jakautuminen sektoreittain. Suurin päästöjen aiheuttaja Indonesiassa on LULUCF-sektori ja turvepalojen aiheuttamat päästöt. Vuonna 2012 näiden päästöjen osuus oli 47,8 prosenttia. Näihin päästöihin kuuluvat myös turvealueiden metsäpalot. Energiasektorin osuus kokonaispäästöistä on noin 35 prosenttia, ja koostuu pääosin energiateollisuuden päästöistä (23,7 prosenttia). Liikenteen osuus kokonaispäästöistä on noin 9 prosenttia. [68]



Kuva 9: Indonesian päästöjen jakautuminen sektoreittain vuonna 2012 [68]

Energia-sektorin osuus kokonaispäästöistä kasvaa vähitellen. Vuonna 2000 osuus oli noin 30% ja vuonna 2012 noin 35%. [68] Energiasektorin odotetaan kasvavan nopeasti. Suunnitteluministeriön mukaan energiasektori on suuripäästöisin sektori vuoteen 2030 mennessä yli 50 prosentilla valtion kokonais-

päästöistä [72].

Kansallisen energianeuvoston vuoden 2016 energiakatsauksessa [73] on annettu energiasektorille kehitysarvioita vuoteen 2050 asti. Nämä arviot eroavat vuoden 2015 viestintäministeriön julkaistusta, joka tarkentaa Pariisin ilmastopimuksen lupauksia [72]. Energianeuvosto on vuoden 2007 energialain mukaisesti perustettu elin, jonka tehtävänä on muun muuassa Indonesian energiapolitiikan ja -suunnitelman laatiminen [74].

Energianeuvoston energiasektorin päästöjen kehitysarviot vuoden 2016 energiakatsauksessa ovat

- 678 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2020
- 1 508 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2030
- 2 886 MtCO<sub>2</sub>e vuonna 2050.[73]

Indonesian päästötiedot on julkaistu vuonna 2015 ilmastonmuutoskonventin kaksivuotisraportissa, joka sisältää Indonesian kasvihuonepäästötiedot vuosille 2000–2012. Päästöinventaarior sisältää myös LULUCF-sektorin päästöt. [68] Indonesian YK:n ilmastonmuutoskonventin kaksivuotisraportti on tehty IPCC:n 2006 ohjeistuksen mukaisesti [68].

Päästötietojärjestelmää aloitettiin luomaan Indonesiassa vuonna 2011, jolloin luotiin kasvihuonepäästöinventaarior määritelmät ja asetukset (Indonesian presidentin asetus numero 71/2011). Päästötietoja kerätään jokaiselle vuodelle ja toimintaa hallinnoi ympäristöministeriö. Nämä tiedot ovat valtion, provinssien ja kaupunkien tasolla. [68] Inventaarior tavoitteena on tukea vuonna 2011 hyväksyttyä kasvihuonepäästöjen vähentämissuunnitelmaa [75].

Erityisesti LULUCF-sektorin päästötietojen arvioinnissa on tehty huomattavia parannuksia vuoden 2011 jälkeen. Esimerkiksi vuonna 2010 Indonesia arvioi LULUCF-sektorin päästöt huomattavasti todellisia suuremmiksi. [72]

Indonesian päästöjen mittaus- ja raportointijärjestelmä koskee pääosin vain energiasektorin päästöjä. LULUCF-sektorin päästötietojen keräämistä pyritään parantamaan. [68] Vuonna 2015 käynnistetty Indonesian kansallinen hiililaskentamenetelmä (*Indonesian National Carbon Accounting System*, lyhennetään INCAS), perustettiin toimimaan alustana kehittyneemmälle kasvihuonepäästöjen raportoinnille LULUCF-sektorissa. [70]

### 6.3 Ilmastonmuutoksen uhkatekijät

Ilmastonmuutos uhkaa Indonesiaa merkittävästi. IPCC:n arviointiraportin [26] mukaan merenpinnan noususta ja sademäärien kasvusta johtuvat tulvien lisääntymiset ovat hyvin todennäköisiä. Merenpinnan nousu uhkaa rannikkoalueilla erityisesti köyhää väestöä [76]. Ilmastonmuutos lisää hyvin todennäköisesti monsuunisateiden voimakkuutta ja uhkaa Indonesian koralli-riuttoja. [26]

Kansallisen kehittämissuunnittelun ministeriö BAPPENAS arvioi ilmastonmuutoksen sopeutumiskulujen olevan noin 17,5 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuosien 2011 ja 2014 välisenä aikana. [72]

Vuosien 2012 ja 2013 välisenä aikana Indonesian mediassa on raportoitu 733 luonnonkatastrofia. [77].

### 6.4 Indonesian metsäkato

Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi Indonesian täytyy hillitä LULUCF-sektorista ja turvepaloista aiheutuvat päästöt [72]. LULUCF-sektorin ja turvepalojen osuus Indonesian päästöistä on erittäin merkittävä, tällä hetkellä noin puolet kokonaispäästöistä [68]. Taulukossa 8 on kokoelma mielestäni tärkeimmistä tapahtumista Indonesian metsiensuojelussa. Vaikka eri toimien ja tapahtumien lukumäärä on mittava, tuloksia ja edistystä on tapahtunut hyvin rajallisesti. Tässä kappaleessa esitetään tutkimuksia, jotka selvittävät ongelman laajuutta ja mahdollisia syitä edistyksen hitauteen.

Indonesian metsäaluiden mittaus- ja raportointijärjestelmä on vielä puutteellinen [70]. Metsäkadon laajuutta ovat tutkineet muun muassa Margono et al. vuonna 2014 [78], ja Wijaya et al. vuonna 2015 [79].

Margono et al. (2014) tutkivat Indonesian primäärimetsien katoamisen laajuutta vuosina 2000–2012. Tutkimuksen mukaan metsiä on kadonnut 6,02 miljoonaa hehtaaria vuosien 2000 ja 2012 välisenä aikana. Metsien häviäminen on kiihtynyt tänä aikana noin 47 600 hehtaaria vuosittain. Metsäalueiden raivaus oli joko rajoitettu tai kokonaan kielletty 40 prosentilla kadonneista metsäalueista. [78]

Wijaya et al. (2015) tutkivat primäärimetsien katoamisen laajuutta ja syitä niiden takana. Tutkimuksen mukaan Indonesian metsistä on hävinnyt yhteensä 18,3 % eli 20,7 miljoonaa hehtaaria vuosien 1990 ja 2012 välillä. Vuosien 1990 ja 2000 välisenä aikana kadonneesta metsästä noin 48 prosenttia

(5,8 miljoonaa hehtaaria) muutettiin joutomaaksi, 15,6 prosenttia hyödynnettiin maanviljelyssä ja 14,5 prosenttia käytettiin pääosaksi palmuöljytilojen ja muiden plantaasien laajentamiseen. Vuosien 2000 ja 2012 välisenä aikana 52 prosenttia (4,5 miljoonaa hehtaaria) muutettiin joutomaaksi ja 16,5 prosenttia avomaaksi. Tämä tarkoittaa, että arviolta noin puolet hävinneistä metsistä eivät ole taloudellisessa käytössä. [79]

Indonesian omat arviot metsäkadon laajuudesta vastaa nykyisin edeltävien tutkimusten tuloksia. Indonesia arvioi, että metsiä on hävinnyt 918 678 hehtaaria vuodessa, vuosista 1990 vuoteen 2012.

Metsäkaton syiksi on esitetty muun muassa seuraavia tekijöitä:

- Liiallinen puunkorjuu (Kalimantan pääsaari). [68]
- El Ninõn voimistava vaikutus luonnollisiin ja tahallisiin metsäpaloihin. [80]
- Maahanmuuton vaikutus (Sumatran pääsaari). [81]
- Laittomat hakkuut. [78][82]
- Palmuöljy- ja muiden plantaasien nopeat laajennukset. [78][83]

Taulukko 8: Tärkeitä Indonesian metsiin liittyviä tapahtumia ja julkaisuja

Vuosi	Tapahtuma
1997	Vakava metsäpalo Indonesiassa
2008	Yhdistyneiden kansakuntien REDD-ohjelma käynnistyy, projekti Indonesiassa vuosina 2009–2011
2010	Moratorio suojelluiden metsäalueiden käytölle presidentin asetuksella no. 10/2010 (jatkettu 6/2013, 8/2015)
2011	Norjan ja Indonesian yhteistyösuunnitelma allekirjoitettu
2011	REDD+-työryhmä perustetaan presidentin asetuksella no. 25/2011
2014	Ympäristöministeriö ja metsäministeriö yhdistyvät
2014	REDD+-työryhmä lakkautetaan
2014	YK:n kehitysohjelman (UNDP) raportti Indonesian metsähallinnosta
2015	Vakava metsäpalo Indonesiassa
2015	Metsä- ja ympäristöministeriö: Arvio metsäpäästöistä valmistuu, "Forest Reference Emission Levels" (FREL)
2017	Vedosmoratorio palmuöljyn laajennuksille

Indonesiassa on vuosittain metsäpaloja, jotka ovat osittain luonnollisia ja osittain tahallisesti aiheutettuja [84]. Kun El Ninõn vaikutus on voimakkaampi, nämä metsäpalot voivat riistäytyä käsistä aiheuttaen erittäin valtavia hallitsemattomia metsä- ja turvepaloalueita [80]. Näin tapahtui esimerkiksi vuotena 1997 ja vuonna 2015. Vuosien 1997 ja 1998 metsäpalojen kokonaislaajuus oli yhteensä 9,75 miljoonaa hehtaaria [80]. Vertailukohtana Suomessa on yhteensä noin 26 miljoonaa hehtaaria metsää [12]. Näiden metsäpalojen aiheuttama savu aiheuttaa ilmanlaatuongelmia Indonesian lisäksi myös naapurimaissa esimerkiksi Singaporessa.

Indonesia asetti voimaan toukokuussa vuonna 2011 moratorion eli kiellon suojelluiden metsäalueiden käytölle. Moratorion tarkoituksena oli hillitä suojelluiden ja rajoitettujen metsä-alueiden häviämistä. Kuitenkaan tällä kielolla ei Margono et al. tutkimuksen mukaan ollut mitään vaikutusta [78]. Päinvastoin, alankojen ja kosteikkojen primäärimetsien katoamiset olivat korkeimmat kuin koskaan [78]. Kielto uusittiin vuonna 2013 ja edelleen vuonna 2015. Vuonna 2016 presidentti Jokowi ilmoitti suunnitelmat viiden vuoden kiellolle uusille palmuöljyplantaaseille presidentillisen määräyksen kautta. Vuonna 2017 tästä kiellosta julkaistiin vedoskappale.

Norja ja Indonesia aloittivat yhteistyön metsien katoamisen lopettamiseksi vuonna 2011. Norja lupautui tukemaan metsien hävittämisen lopettamista yhteensä miljardilla Yhdysvaltain dollarilla. [85] Vuoden 2016 Financial Timesin artikkelissa haastateltiin Norjan ympäristöministeri Vidar Helgeseniä, jonka mukaan edistystä ei ole tapahtunut [86]. Norjan projekti Brasiliassa sai aikaan hyviä tuloksia vuosien 2008 ja 2014 välillä. Indonesian kohdalla ongelmallista on monimutkainen maankäyttöjärjestelmä. Hajautetun hallinnon takia maanomistajat vaihtelevat eri ministeriöiden ja järjestöjen mukaan. Artikkelissa haastatellun Yhdysvaltojen metsänhoidon asiantuntijan Frances Seymourin mukaan yritykset usein suosivat raivaamattomia metsäalueita. Raivaamattoman metsäalueen omistuksesta voi olla varmempi kuin raivatun maan. [86]

YK:n kehitysohjelman vuoden 2014 julkaisussa, Situmorang et al. esittävät koottuja tutkimuksia, jotka korostavat ongelmakohtia Indonesian metsähallinnossa [77]. Korruptiota esiintyy provinssien ja piirikuntien tasolla, eikä maassa ole korruption estokeinoja, eikä kapasiteettia ratkaista näitä ongelmia [87]. Lahjonta ja virkamiesten laittomat palkinnot nähdään normaalina liiketoimintana. Situmorang et al.-tutkimuksen johtopäätöksissä Indonesian metsähallintoa pidetään heikkona ja monimutkaisena. Edistystä on kuitenkin tapahtunut tietoisuudessa, ja Indonesian metsille on mahdollisesti toivoa. [77]



## 6.5 Energiasektori

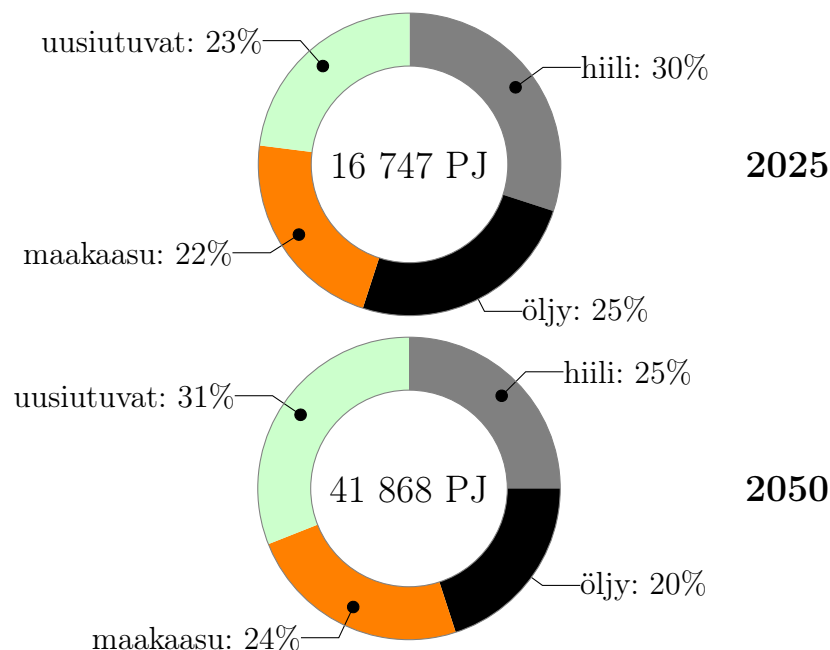
### 6.5.1 Yleinen

Indonesian energia- ja mineraaliresurssien ministeriön mukaan Indonesian kokonaisprimäärienergiankulutus (TPES) oli yhteensä noin 9759 petajoulea vuonna 2013. Suurin osa käytetystä energiasta on öljyä, jonka osuus on noin 38 prosenttia. Toiseksi eniten hiiltä, jonka osuus on noin 25 prosenttia. Kolmanneksi suurin energianlähde on biomassa, biopolttoaineet ja jäte yhteensä 23 prosentilla. Neljänneksi suurimman maakaasun osuus on noin 15 prosenttia. Uusiutuvien energianlähteiden osuus primäärinergian kulutuksesta on vain 3,6 prosenttia, josta vesivoimaa on 2,6 prosenttia ja geotermista energiaa hieman alle prosentti. [88] Indonesian energiankulutus on Kaakkois-Aasian suurin [72].

Energian kokonaisloppukulutus Indonesiassa vuonna 2015 oli noin 7400 petajoulea. Suurimmat loppuenergian kuluttajat ovat järjestyksessä teollisuus, asuminen ja liikenne. Kunkin osuus on pienillä eroilla vajaa kolmannes kokonaisloppukulutuksesta. [73] Viime vuosina teollisuus on mennyt ohi asuminen sektorista, joka vielä vuonna 2012 oli selkeästi suurin yksittäinen sektori. [88]

Indonesian energian kulutuksen odotetaan kasvavan. Pääosa kasvusta kohdistuu energiateollisuuteen, erityisesti sähköntuotantoon. [72] Vuonna 2014 hyväksytyssä kansallisessa energiapolitiikassa (Indonesiaksi *Kebijakan Energi Nasional*, lyhennetään KEN) kokonaisprimäärienergiankulutustavoitteeksi asetettiin 400 Mtoe (miljoonaa öljykvivalenttitonnia), eli 16 747,2 petajoulea, vuoteen 2025 mennessä ja 1 000 Mtoe, eli 41 868 petajoulea, vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteessa kaikkien energianlähteiden käyttö kasvaa hyvin voimakkaasti. [89]

Kuvassa 10 on esitetty Indonesian kansallisen energiapolitiikan tavoitteet primäärienergiankulutukselle vuoteen 2025 ja 2050 mennessä.



Kuva 10: Indonesian kansallisen energiapolitiikan tavoitteet vuodelle 2025 ja 2050 [89]

Indonesia on yksi suurimmista energiantuottajista maailmassa. Energiantuotanto Indonesiassa oli noin 18 430 petajoulea, josta viennin osuus on noin 10 712 PJ [88]. Pääosa Indonesian viennistä on nesteytettyä maakaasua sekä kivi- ja ruskohiiltä. Maa on neljänneksi suurin hiilentuottaja maailmassa ja toiseksi suurin hiilen viejä [51].

### 6.5.2 Sähköntuotanto

Indonesia koostuu saarista, jotka eivät ole yhteisessä sähköverkossa, poisluken Maduran ja Balin yhteys Javan pääsaareen. Suurin osa sähköstä kulutetaan Java-Bali alueella, mutta muiden saarten osuus energia- ja sähkönkulutuksesta on kasvussa. [69]

Sähköntuotanto Indonesiassa suosii fossiilisia polttoaineita, erityisesti paikallisia luonnonresursseja: hiiltä ja maakaasua. Indonesian sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2015 oli Indonesian energia- ja luonnonmineraaliministeriön mukaan 55 gigawattia [90]. Vuonna 2015 tuotettiin 195,9 terawattituntia sähköä. Käytetyt energiamuodot ovat

- hiilivoima (48,7 prosenttia),
- maakaasu (23,2 prosenttia),
- öljy (16,7 prosenttia),
- vesivoima (6,5 prosenttia),
- geoterminen voima (4,8 prosenttia),
- biopolttoaineet tai jätteet (0,1 prosenttia). [91]

Suurimman osan Indonesian sähköstä tuottaa Indonesian valtion omistama sähköyhtiö PLN (indonesiaksi *Perusahaan Listrik Negara*, ”valtion sähköyhtiö”). Indonesia on hiljalleen hajoittanut PLN:n monopoliaseman ja lisää vuosittain yksityisten sähköntuottajien osuutta ja tukirakenteita [92][93].

Indonesian sähköntuotanto on nopeassa kasvussa. Yksi kasvun syistä on Indonesian tavoite tuoda sähkö saatavaksi koko kansalle. Vuonna 2014 Indonesiassa noin 20 prosenttia väestöstä eli ilman sähköä, mutta vuonna 2015 osuus oli pudonnut jo alle 12 prosentin. [90] Sähköntuotannon talouskatsaus (Indonesiaksi *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik*, lyhennetään RUPTL) vuosille 2016–2025 asettaa sähkön saatavuuden tavoitteeksi 97,4 prosenttia vuonna 2019 ja 99,7 prosenttia vuonna 2025 [92].

Indonesia on asettanut tavoitteeksi lisätä sähköntuotantoaan 35 gigawatilla vuoteen 2019 mennessä, 114 gigawatilla vuoteen 2025 mennessä ja 400 gigawatilla vuoteen 2050 mennessä. [89] Uusimman sähköntuotannon talouskatsauksen (RUPTL 2017–2026) mukaan vuoden 2019 tavoite jää vajaaksi. Tavoitteesta tullaan jäämään 19,7 gigawattia, joka tarkoittaa 79,2 gigawatin kokonaiskapasiteettia. [93]

### 6.5.3 Uusiutuvien energianlähteiden potentiaali

Indonesian energiaministeriön mukaan uusiutuvan energian osuus vuonna 2015 oli noin 11 prosenttia [91]. Nykyinen uusiutuva sähköntuotanto koostuu lähes täysin vesi- ja geotermisestä voimasta. Vesivoiman kokonaiskapasiteetti vuonna 2015 oli noin 5,2 gigawattia ja geotermisen voiman 1,4 gigawattia. [90]

Parhaat kasvumahdollisuudet tällä hetkellä ovat geotermisellä voimalla, jolla on Indonesiassa paljon potentiaalia ja lakitukea. Vuonna 2014 olemassa olevan geotermisen voiman kapasiteetti oli kolmanneksi suurin maailmassa. Potentiaalinen kapasiteetti geotermiselle voimalla on toiseksi suurin koko maa-

ilmassa, yhteensä 29 gigawattia jaettuna 312 mahdolliseen sijaintiin. Vuonna 2014 geotermien laki erotti geotermisen energiantuotannon kaivostyöstä, eli sen rakentaminen on nykyään sallittua myös suojelluilla metsäalueilla. Geotermistä voimaa tuetaan myös vuonna 2015 luodulla syöttötariffilla. [73][94] Aurinkovoiman tukemiseksi Indonesiassa yritettiin luoda syöttötariffia vuonna 2013, mutta se kaatui korkeimmassa oikeudessa 2014 [95]. Tämä voi osaltaan selittää Indonesian heikon aurinkovoiman hyödyntämisen, vaikka maa sijaitsee päiväntasaajalla.

Yleisesti Indonesiassa uusiutuvan energian potentiaali on hyvin suuri. Kuitenkin suurin osa uusiutuvan energian potentiaalista sijaitsee tiuhaan asutun Java-Bali alueen ulkopuolella. Koska Indonesia koostuu saarista, jotka eivät muodosta yhteistä sähköverkkoa, uusiutuvan energian potentiaali harvaan asutuilla alueilla ei ole vielä käytännöllistä. Energia- ja mineraaliresursien ministeriön strategiasuunnitelmassa (RENSTRA KESDM 2015-2019) on koottu tutkimuksia uusiutuvien energianlähteiden potentiaalista Indonesiassa [94]. Aurinkovoiman kokonaispotentiaali on arviolta 208 gigawattia ja keskimääräinen auringonsäteily on noin  $4,8 \text{ kWh/m}^2$  päivittäin. Tuulivoiman kannalta tuuliolosuhteet ovat rannikoilla hyvät, mutta tuulisimmat alueet sijaitsevat Itä-Indonesiassa, jossa sähköntarve on vielä vähäistä. Kokonaispotentiaali tuulivoimalle on noin 94 gigawattia. Vesivoiman 75 gigawatin kokonaispotentiaalista hyödynnetään tällä hetkellä vain noin 9 prosenttia. Suurin osa vesivoimasta sijaitsee Java-Bali alueen ulkopuolella. [94][73]

## 6.6 Ilmastotavoitteet ja -strategia

### 6.6.1 Yleinen

Taulukko 9: Tärkeitä tapahtumia Indonesian päästötavoitteissa

Vuosi	Tapahtuma
2007	Toimintasuunnitelma ilmastomuutokseen sopeutumiselle (Ranpi)
2007	Balin ilmastokokouksen isännöinti ja toimintasuunnitelma (COP13)
2008	Kansallinen ilmastomuutosneuvosto luodaan
2009	Ympäristölaki
2009	<b>G-20 huippukokous Pittsburghissa, presidentti Susilo Bambang Yudhoyono lupaa Indonesian vähentävän päästöjä</b>
2011	<b>Kansallinen toimintasuunnitelma kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi (RAN-GRK) presidentin asetuksella no. 61/2011</b>
2011	Kasvihuonepäästöinventaarion ohjeistus ja vaatimukset tulevat voimaan presidentin asetuksella no.71.2011
2014	<b>Kansallinen energiapolitiikka luodaan presidentin asetuksella no. 79/2014</b>
2014	Ympäristö- ja metsäministeriö yhdistyvät
2014	Ilmastomuutosneuvosto lakkautetaan ja korvataan ilmastomuutoksen pääosastolla
2015	<b>Kaksivuotisraportti ja kasvihuonepäästöinventaario vuosille 2000–2012 julkaistaan</b>
2015	Kasvihuonepäästöjärjestelmä INCAS (Indonesia National Carbon Accounting System) luodaan
2015	Päästöinventaariojärjestelmä SIGN-SMART käynnistyy
2015	<b>Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet (INDC) julkaistu</b>
2015	Suunnitteluministeriön päästövähennyssuunnitelman selvitys 2020–2030
2016	Indonesian energiakatsaus julkaistaan (Indonesia Energy Outlook)

Taulukossa 9 on joitain tärkeitä tapahtumia Indonesian päästötavoitteissa. Tärkeimmät tapahtumat on lihavoitu.

Indonesia allekirjoitti YK:n ilmastonmuutoskonventin kesäkuussa 1992 ja ratifioi sen vuonna 1994. Indonesia allekirjoitti myös Kioton pöytäkirjan, mutta ei kehittyvänä valtiona ollut sidottu sen tavoitteisiin. Indonesian hallitus isännöi 13. ilmastokokouksen Balilla vuonna 2007 (COP13). Ilmastokokouksen jälkeen Indonesiassa aloitettiin toteuttaa suurempia ilmastonmuutokseen liittyviä toimia. Vuonna 2009 luotiin ympäristölaki, joka velvoittaa energia-, kaivos- ja palmuöljyhtiöt suorittamaan ympäristöriskianalyysin ja arvioimaan projektien ympäristövaikutuksia [69].

Indonesia lupautui vähentämään kasvihuonepäästöjään ensimmäisen kerran vuonna 2009 Pittsburghin G-20-huippukokouksessa Yhdysvalloissa. Puheensa yhteydessä Presidentti Susilo Bambang Yudhoyono lupasi Indonesian vähentävän ehdottomasti kasvihuonepäästöjään 26 prosenttia vuoteen 2020 mennessä, verrattuna kehitykseen normaaliin tapaan. Kansainvälisen tuen avulla vähennykset voisivat olla yhteensä 41 prosenttia. Kansallinen toimintasuunnitelma kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi (indonesiaksi *Rencana Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*, lyhennetään RAN-GRK) luotiin vuonna 2011 toteuttamaan nämä tavoitteet. [75] RAN-GRK on käsitelty kappaleessa 6.6.2.

### 6.6.2 Ilmastostrategia

Indonesian päätöksentekorakenne ilmastoasioissa on ollut pitkään monimutkainen, mutta edistystä on tapahtunut. Ympäristöministeriö on vastuussa ilmastonmuutospolitiikan suunnittelusta ja eri ilmastotavoitteiden toimeenpanosta. Suunnitteluministeriö BAPPENASin tehtävänä on muuttaa ilmastonmuutospolitiikka osaksi valtion pitkän tähtäimen taloudellista suunnittelua. Esimerkiksi vuonna 2015 BAPPENAS julkaisi selvityksen Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden toteutumisesta [72]. Toisaalta metsäministeriö on vastuussa kaikesta metsäsektoriin liittyvistä asioista, jotka ovat tiivistä yhteydessä Indonesian ilmastotavoitteiden kanssa. Mahdollisesti tämän vuoksi vuonna 2014 metsäministeriö yhdistettiin ympäristöministeriön kanssa.

Erillinen ilmastonmuutosneuvosto luotiin koordinoimaan Indonesian ilmastonmuutospolitiikkaa vuonna 2008. Tämä neuvosto sisältää useiden eri ministeriöiden jäseniä. Vuonna 2014 ilmastonmuutosneuvosto lakkautettiin ja korvattiin ilmastonmuutoksen pääosastolla (englanniksi *Directorate General on Climate Change*), joka toimii uuden ympäristö- ja metsäministeriön alaisuudessa. Ilmastonmuutoksen pääosasto toimii kansallisena yhteyspisteenä ilmastonmuutoskonventin ilmastokokouksissa [71]. Se on esimerkiksi laatinut Indonesian kaksivuotisraportin [68].

Mahdollisena ongelmakohtana Indonesian ilmastotavoitteissa on maan hajautettu hallinto. IEA:n vuoden 2015 Indonesian katsauksessa mainitaan, että pienillä alueilla on huono kyky toteuttaa tai ymmärtää ylemmän tason energia-alan suunnitelmia. [69]

Kansallinen toimintasuunnitelma kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi RAN-GRK, presidentin asetus numero 61 vuonna 2001, vahvistaa vuonna 2009 annetut päästövähennystavoitteet. RAN-GRK toimii runkona näiden tavoitteiden täytäntöönpanolle. RAN-GRK sisältää eri sektoreiden päästöjen vähennystavoitteita vuosille 2010–2020. [75]

RAN-GRK asettaa monia mitattavia tavoitteita energiateollisuudelle, liikenteelle, maataloudelle, metsäsektorille ja jätteiden käsittelylle. Näiden tavoitteiden toimeenpanosta vastaavat eri ministeriöt ja järjestöt. [75] Tämä jälkeen suunnitteluministeriö BAPPENAS kerää tulokset edistymisestä ja kokoaa ne yhtenäiseen raporttiin. Viimeksi raportti edistyksestä julkaistiin vuonna 2016. Tämän raportin mukaan päästötietojen valvonnassa on vuosina 2010–2015 tapahtunut paljon edistystä. Raportissa päästöjen vähennykset RAN-GRKin mukaisesti on jaettu vuosittain ja sektoreittain. Esimerkiksi vuonna 2014 kokonaispäästövähennykset raportin olivat noin 50 MtCO<sub>2e</sub> (ei sisällä metsäsektoria). [96]

### 6.6.3 Uusiutuvan energian tavoitteet

Vuonna 2007 hyväksyttiin energialaki presidentin asetuksella no. 30/2007. Tämä säätelee Indonesian energian käytön tulevaisuuden kehitystä ja toimii pohjana uusiutuvan energian kehitykselle. Lisäksi energialaissa esitetään luotavaksi kansallinen energiasuunnitelma (RUEN) ja sitä koordinoiva energianeuvosto. [74]

Energialain myötä luotiin kansallinen energiapolitiikka (KEN) 2014, joka asettaa vuodelle 2025 tavoitteen energiayhdistelmästä. Kansallinen energiapolitiikka KEN asettaa puhtaan energian tavoitteeksi 23 prosenttia koko energian kulutuksesta vuoteen 2025 mennessä ja 31 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Energiaministeriön määrittelyn mukaan uusiutuva energia vuonna 2025 sisältää: 10 % bioenergiaa, 7 % geotermistä energiaa, 3 % vesivoimaa ja 3 % muita uusiutuvia energianlähteitä. [89]

Indonesian sähköntuotannon talouskatsauksen (RUTPL) mukaan 23 prosenttia uusiutuvien osuus primäärienergiasta tarkoittaa 25 prosentin osuutta sähköntuotannon polttoaineista. Julkaisun mukaan tavoitteeseen ei tulla pääsemään, vaan vuonna 2025 uusiutuvien osuus tulee olemaan vain 19 prosenttia. Puuttuva osuus voidaan korvata maakaasulla. [92]

KENin tavoitteet vahvistettiin maaliskuussa vuonna 2017, jolloin Indonesian presidentti allekirjoitti kansallisen energiasuunnitelman (Indonesiaksi *Renca-na Umum Energi Nasional*, lyhennetään RUEN) (presidentin asetuksella no. 22/2017). RUENissa mainitut uusiutuvan energian lähteet ovat sähköntuo-tannossa vesi-, aurinko-, tuuli-, aalto- ja ydinvoima. Kuitenkin ydinvoimaa käytetään vain, jos muita mahdollisuuksia ei ole. [97]

#### 6.6.4 Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet ja vaikutus energiasektoriin

Taulukko 10: Indonesian lupaamat ehdottomat ja ehdolliset tavoitteet YK:n ilmastomuutoskonventille ja kehitys normaaliin tapaan [71][72]

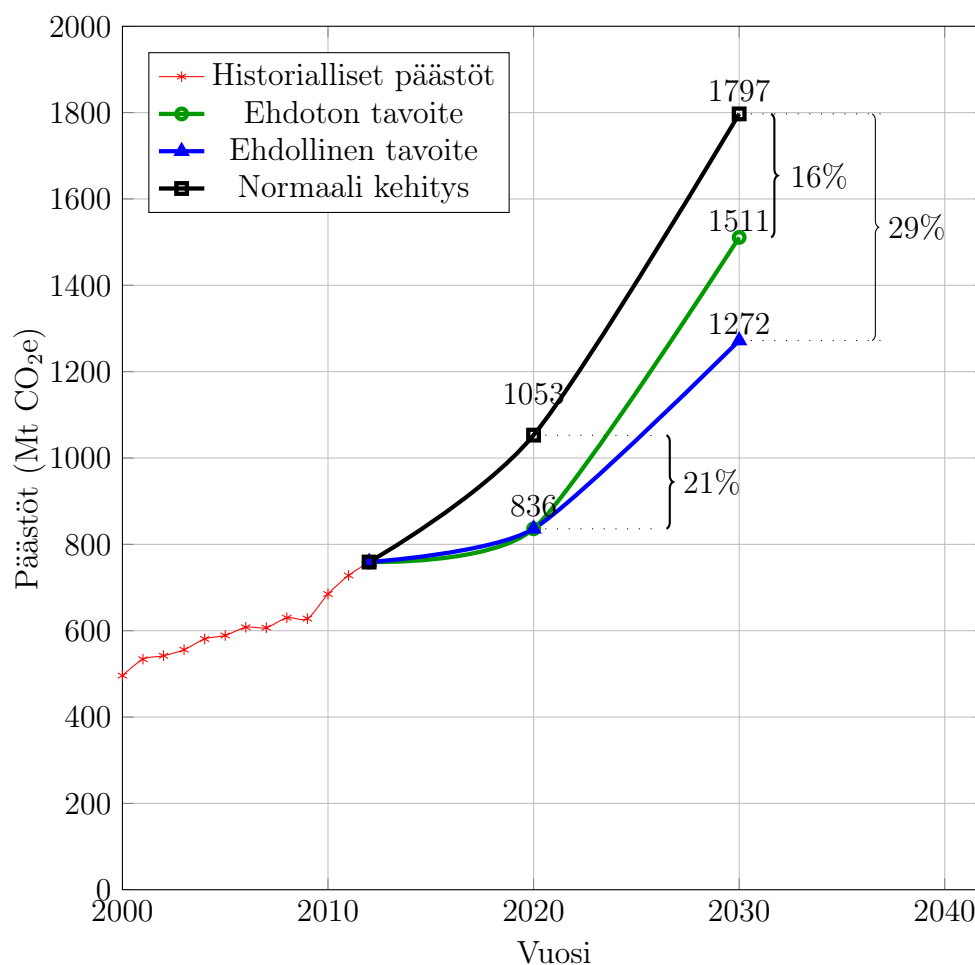
	Normaali kehitys		Tavoite		
	MtCO <sub>2</sub> e	%	Ehdoton MtCO <sub>2</sub> e	Ehdollinen %	Ehdollinen MtCO <sub>2</sub> e
<b>2020</b>	1 791	26	1 324		
<b>2030</b>	2 881	29	2 049	41	1 689

Taulukossa 10 esitetään Indonesian päästövähennystavoitteet Pariisin ilmas-tosopimuksessa ja niiden yhteydessä annetut arviot päästöistä kyseisinä vuo-sina.

Indonesian tavoitteet Pariisin ilmastopimuksessa (INDC) vahvistavat maan alkuperäiset suunnitelmat vähentää päästöjä 26 prosenttia vuoteen 2020 ver-rattuna normaaliin kehitykseen. Lisäksi vuoteen 2030 mennessä Indonesia asettaa tavoitteeksi vähentää päästöjä yhteensä 29 prosentilla verrattuna nor-maaliin kehitykseen ja on valmis kasvattamaan näitä vähennyksiä 41 prosent-tiin kansainvälisen tuen avulla. Kaikki tavoitteet koskevat myös LULUCF-sektoria ja turvepaloja.

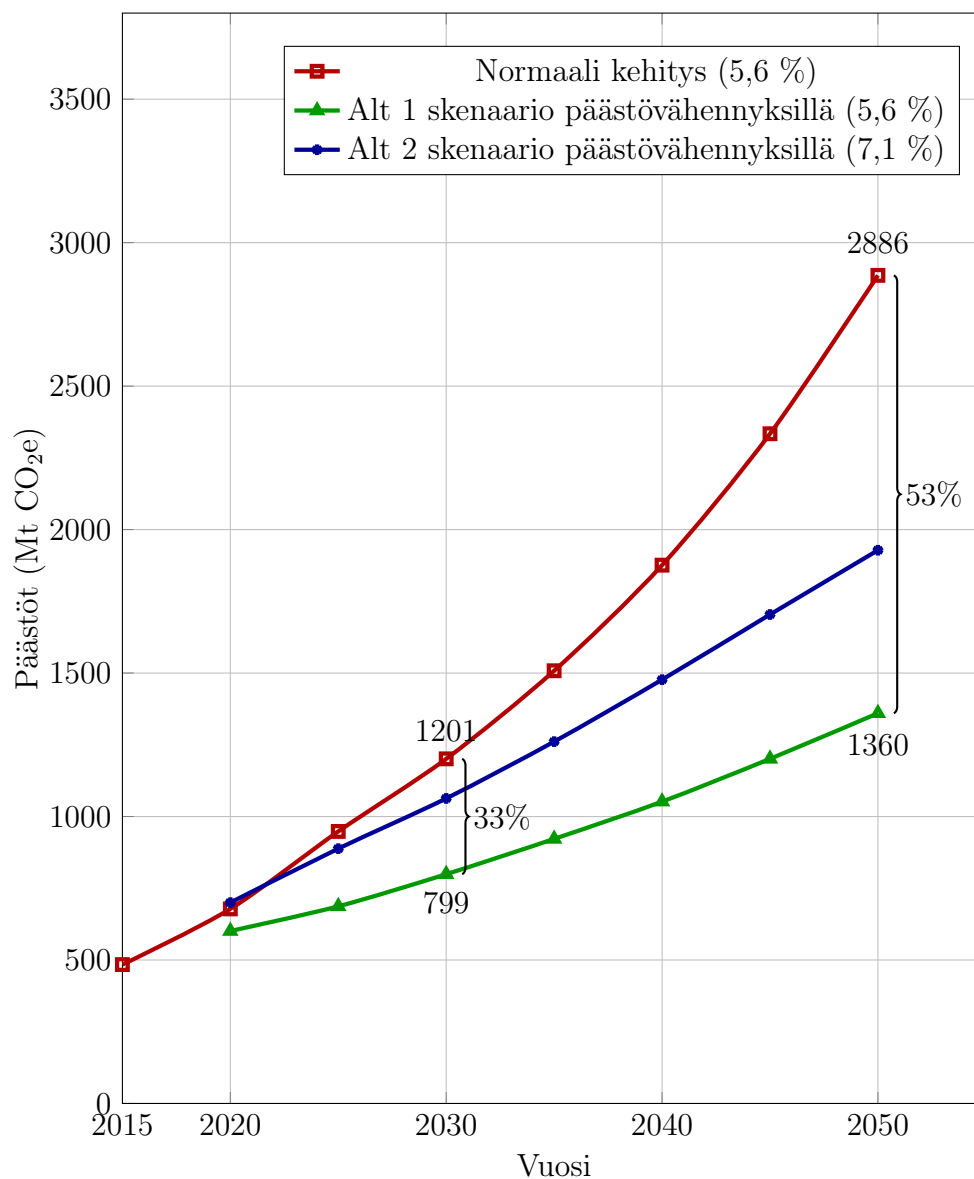
Vuonna 2015 suunnitteluministeriö (indonesiaksi *Badan Perencanaan Pem-bangunan Nasional*, lyhennetään BAPPENAS) yhteistyössä muiden minis-teriöiden kanssa julkaisi arvion Indonesian päästövähennystavoitteista. Täs-sä julkaisussa on selvitetty miten Pariisin ilmastopimuksen päästövähennystavoitteet jakautuvat eri sektoreille. Kuvassa 11 on esitetty muiden kuin LULUCF-sektorin päästövähennykset tavoitevuosina ja arvio päästöjen ke-hityksestä ilman toimia. [72]





Kuva 11: Indonesian päästökehitys ja Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet ilman LULUCF-sektorin päästöjä[71][72]

Kuvassa 11 on esitetty muiden kuin LULUCF-sektorin päästövähennykset tavoitevuosina, ja arvio päästöjen kehityksestä ilman toimia. Kuvasta voidaan nähdä miten päästövähennystavoitteista suurin osa tapahtuu LULUCF-sektorilla, jättäen muiden sektoreiden osuuden pienemmäksi. Muiden sektoreiden osuus vuoden 2020 vähennyksistä on noin 20,6 prosenttia. Vuoden 2030 ehdollisissa tavoitteissa yli 60 prosenttia on vähennyksiä LULUCF-sektorissa ja turvepaloissa, muiden sektoreiden osuus vähennyksistä on noin 18,9 prosenttia. Toisaalta energiasektorin vähennykset kasvavat ehdollisissa tavoitteissa. Maksimissaan päästövähennykset energia- ja muissa sektoreissa ovat 41,2 prosenttia. Suurin päästövähennyspotentialiaali on energiasektorissa. [72]



Kuva 12: Indonesian energiasektorin päästöjen kehitys skenaarioissa ALT 1, ALT 2 ja normaali kehitys (MtCO<sub>2e</sub>) [73]

Indonesian energianeuvosto julkaisi vuonna 2016 Indonesian energiakatsauksen, joka on yhteenveto energiasektorin kehityssuunnasta. Energianeuvosto arvioi energiasektorin kehitystä vuoteen 2050 asti kolmessa eri skenaariossa. Ensimmäinen skenaario (ALT 1) olettaa bruttokansantuotteen kasvuksi mallillisen 5,6 prosenttia vuosittain. Toinen skenaario (ALT 2) olettaa talouskas-

vun korkeaksi, noin 7,1 prosenttia vuosittain. Molemmissa skenaarioissa huomioidaan Indonesian tavoitteet vähäpäästöisemmälle energiasektorille, jossa toteutetaan tavoitteita uusiutuvien energianlähteiden ja energiatehokkuuden osalta. Kolmas skenaario on kehitys normaaliin tapaan ilman toimia, talouskasvu on 5,6 prosenttia vuodessa. Huomattakoon, että ALT 2-skenaariota ei voi suoraan verrata normaaliin kehitykseen, koska talouskasvu on eri. [73]

Kuvassa 12 on esitetty energiasektorin päästöjen kehitys energianeuvoston eri skenaarioissa. Kuvaajasta voidaan nähdä, että energianeuvoston mukaan ALT 1-skenaariossa energiasektorin päästövähennykset ovat suuret. Vuonna 2030 ero normaaliin kehitykseen on noin 33 prosenttia tai 402 MtCO<sub>2</sub>e. [73] Nämä vähennykset ovat lähellä ehdollisia päästövähennyksiä, jotka ovat yhteensä 472 MtCO<sub>2</sub>e [72]. Arvio päästöjen kehittymisestä normaaliin tapaan vuonna 2030 (1 201 MtCO<sub>2</sub>e [73]) on hieman matalampi kuin Pariisin ilmastopimuksen tavoitteissa (1 444 MtCO<sub>2</sub>e [72]).

Energianeuvoston tekemät skenaariot jatkuvat vuodelle 2050. Indonesia ei ole tehnyt virallisia pitkän tähtäimen päästötavoitteita, joten nämä arviot ovat suuntaa antavia. Normaalissa kehityksessä energiasektorin päästöt vuonna 2050 ovat 2 886 MtCO<sub>2</sub>e, ja ALT 1-skenaariossa 1 360 MtCO<sub>2</sub>e. Päästövähennykset ovat noin 53 prosenttia. [73]

## Luku 7

# Maiden vertailu

Tässä luvussa esitetään joitain yhtäläisyyksiä ja eroja tutkittujen maiden välillä. Maiden tietoja luvuista 4, 5 ja 6 on koottu taulukkoon 11.

Tutkituista maista Meksiko on ollut aktiivisin Yhdistyneiden kansakuntien asettamien tavoitteiden ja Pariisin ilmastopimuksen osalta. Meksiko on antanut Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet ensimmäisten maiden joukossa, ja on ainoa kehittyvä valtio, joka on julkaissut puolen vuosisadan strategian. Päästötietojen raportointi on Meksikossa pakollinen, ja maassa on luotu hiilivero sekä suunnitellaan ja kokeillaan muita taloudellisia ohjauskeinoja.

Kaikissa tutkituissa maissa on hyvin monipuolinen ilmasto, joka mahdollistaa rikkaan kasvi- ja eläinkunnan. Meksikossa ja Indonesiassa on huomattavan paljon metsää, joka Meksikossa toimii hiilinieluna.

Meksiko on tutkituista maista kehittynein, ja sillä on suurin talous ja sähkön tuotanto. Esimerkiksi Etelä-Afrikassa ja Indonesiassa yli 10 prosenttia kansalaisista elää vielä ilman sähköä.

Tutkittujen maiden energiasektoreissa on tapahtunut paljon muutoksia viime vuosina kilpailukyvyyn parantamiseksi. Vanhoja energiamonopoleja on hajoitettu, ja kaikki kolme maata pyrkivät kasvattamaan yksityisten sähköntuottajien osuutta. Omien energiasurssien hyödyntäminen maissa on muuttunut, ja tulevaisuudessa Meksiko ja Etelä-Afrikka mahdollisesti suosivat enemmän uusiutuvia energianlähteitään. Molemmissa maissa energiasectori on ollut ongelmassa, ja muutos johtuu taloudellisista syistä. Esimerkiksi Meksikon asema öljyntuottajamaana on heikentynyt ja uusiutuvien energianlähteiden huutokauppajärjestelmä on ollut onnistunut. Vastaavasti Etelä-Afrikassa projekti uusiutuvien energianlähteiden yksityiselle sähköntuotannolle on ollut erittäin onnistunut samaan aikaan, kuin valtion energiayhtiö Eskomilla on

ollut vaikeuksia hiilivoimaloiden ylläpidossa ja viivästyksiä uusien hiilivoimaloiden rakennuksessa. Toisaalta Indonesiassa talouskasvu ja energian kulutus on vahvassa kasvussa, mikä johtaa sekä maan fossiilisten että uusiutuvien energianlähteiden kulutuksen suuren kasvuun.

Tutkituissa maissa energian kokonaiskulutus heijastuu suoraan päästöihin, mikä johtuu maiden korkeasta 80–90 prosentin osuudesta fossiilisia polttoaineita. Jos huomioidaan metsäsektorin ja turvepalojen aiheuttamat päästöt, Indonesian kokonaispäästöt ovat suuremmat kuin Meksikossa ja Etelä-Afrikassa yhteensä. Lisäksi Indonesian päästöt tulevat kasvamaan hyvin nopeasti verrattuna Meksikoon ja Etelä-Afrikkaan, joissa päästöjen kehitys tulee olemaan melko maltillista.

Päästöillä on tutkituille maille suora vaikutus, mikä heijastuu maiden asettamiin päästötavoitteisiin. Indonesian metsäkato ja metsäpaloista aiheutuvat saasteet ovat suuri ongelma, jota on yritetty korjata kansainvälisesti. Indonesian päästötavoitteet koskevat suurelta osin metsäsektorin päästöjä. Ilmanlaatu Meksikossa ja Etelä-Afrikassa on hyvin huono, joten esimerkiksi Meksiko on asettanut erilliset päästövähennystavoitteet nokipäästöille. Etelä-Afrikassa hiilivoimaloiden korkeapäästöisyys on johtanut jopa oikeudenkäyntiin, jossa lopulta evättiin uuden hiilivoimalan rakennuslupa, jonka ympäristövaikutusten arviointi oli puutteellista.

Maiden asettamissa ilmastotavoitteissa on paljon eroja. Läpinäkyvimvät päästötavoitteet on asetettu Etelä-Afrikassa, jossa tavoitteita ei ole sidottu talouskasvuarvioihin. Pariisin ilmastosopimuksessa suositeltu arvio päästökatoista puuttuu Indonesiasta kokonaan. Lisäksi Indonesian viralliset tavoitteet ovat vain vuodelle 2030. Uusiutuvien ja puhtaiden energianlähteiden tavoitteet ovat selkeimmät Meksikossa. Etelä-Afrikan suunta uusiutuvien energianlähteiden osalta on epäselvää, mutta todennäköisesti niiden osuus kasvaa luonnostaan ilman erillistä tavoitetta. Indonesiassa puhtaiden energianlähteiden osuus tulee kasvamaan, mutta niin myös fossiilisten polttoaineiden.

Taulukko 11: Meksikon, Etelä-Afrikan ja Indonesian ilmastonmuutoskonventin päivämäärät ja päästötiedot, ilmastopimuksen tavoitteet, muut tavoitteet ja taloudelliset ohjauskeinot. [15][12][11][14][4][67][5][71][72][68][73][17][10][18][59][44]

	Meksiko	Etelä-Afrikka	Indonesia
UNFCCC ratifioitu	11.3.1993	29.8.1997	23.8.1994
Ilmastokokous-isäntänä	2010, Cancún	2011, Durban	2007, Bali
INDC julkaistu	30.3.2015	25.09.2015	23.09.2015
Puolen vuosisadan strategia	16.11.2016		
Päästökatto saavutetaan	2026	2020–2025	
Pinta-ala (000 km <sup>2</sup> )	1 944	1 213	1 812
Metsä-ala (Mha)	66,8	9,2	128,4
BKT (miljardia \$USD)	1 046	295	932
Asukasluku (milj.)	127,5	55,9	261,1
Energia TPES (PJ)	8 500	5300	9 759
Sähköntuotanto (TWh)	253	243	196
<i>Päästöt (MtCO<sub>2</sub>)</i>			
Kokonaispäästöt	665	544	1457 (759 <sup>a</sup> )
Päästöarvio 2020	792	663	1791 (1053 <sup>a</sup> )
Päästöarvio 2030	973	806–916	2881 (1797 <sup>a</sup> )
Päästöarvio 2050	1236	1361–1882	2886 <sup>c</sup>
Päästötavoite 2020		398–614	noin 836
Päästötavoite 2030	600–480 <sup>a</sup>	398–614	1511–1272 <sup>b</sup>
Päästötavoite 2050	Alle 311	212–428	
Päästökatto	600–800	398–614	
Puhdas energia	18 % (2018) 30 % (2021) 34 % (2024)		23 % (2025) 31 % (2050)
Päästötietokanta	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
Päästöjen raportointi	<b>X</b> , pakollinen	<b>X</b>	<b>X</b> , <sup>a</sup>
Hiilivero	<b>X</b>	*	
Päästökauppa	*		

**X** :Toteutettu ja \* :Suunnitteilla

<sup>a</sup> Ei sisällä LULUCF-sektorin päästöjä

<sup>b</sup> Ehdollinen tavoite.

<sup>c</sup> Vain energiasektori.

## Luku 8

# Tulokset

Tässä luvussa tutkittujen maiden päästötavoitteiden kunnianhimoisuutta ja sopivuutta Pariisin ilmastopimuksen tavoitteisiin arvioidaan globaalien taakanjakomallien avulla. Käytetyt taakanjakomallit ovat “Triptych”, “Multistage” ja “Equal Cost”, joista “Equal Cost” on Ekholm et al.-tutkimuksen kustannusoptimoitu taakanjakomalli [9]. Kappaleessa 3.3, taulukossa 1 on tutkittujen maiden päästöille asetettu raja-arvoja eri taakanjakomalleissa. Nämä taakanjakomallit perustuvat ilmaston lämpenemisen pysäyttämiseen kahteen celsiusasteeseen, eli vastaavat Pariisin ilmastopimuksen tavoitetta. Taakanjakomalleja käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.

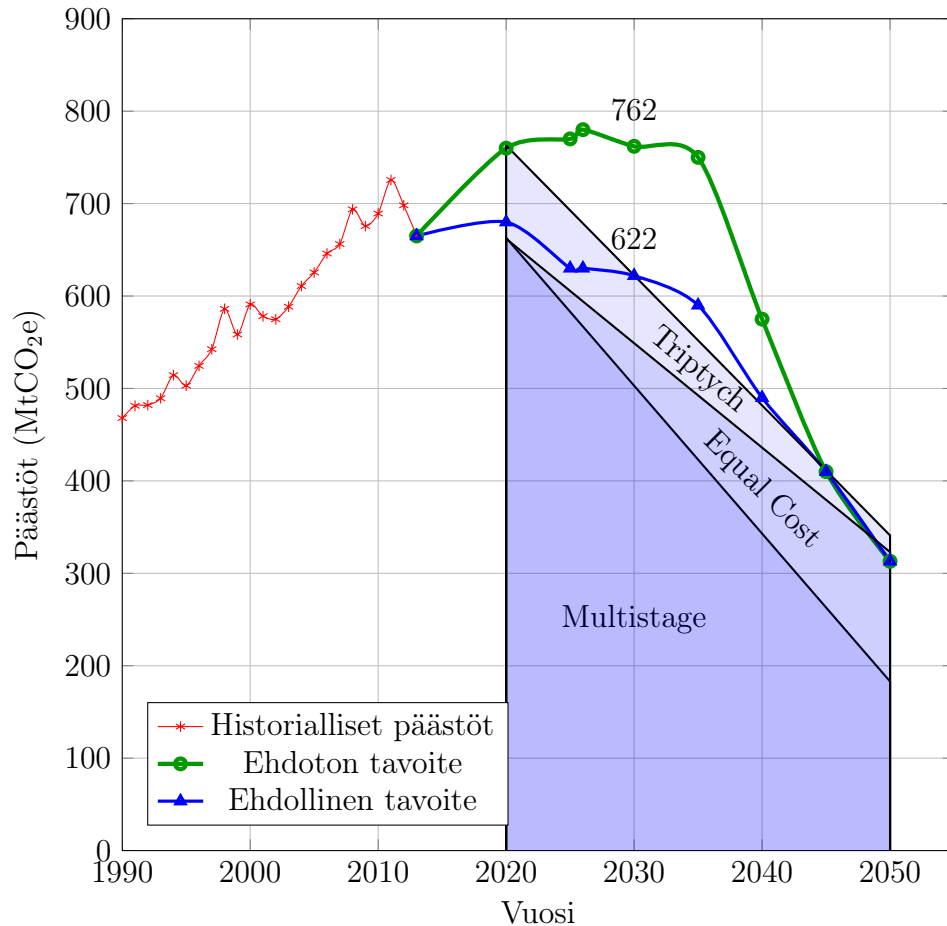
Maiden ilmastotavoitteiden toteutuminen riippuu monesta eri tekijästä ja tavoitteet muuttuvat seuraavien vuosien aikana. Tavoitteiden toteutumiskelpoisuutta kunkin maan kohdalla on arvioitu SWOT-analyysin avulla.

### 8.1 Meksiko

#### 8.1.1 Päästötavoitteiden arviointi

Kuvassa 13 vertaillaan Meksikon ehdollisia ja ehdottomia päästötavoitteita Triptych-, Multistage- ja Equal Cost-taakanjakomallien raja-arvoihin. Raja-arvot Triptych- ja Multistage-taakanjakomalleissa laskevat Meksikon kohdalla nopeasti, mutta Equal Cost on hieman lievempi. Ehdottoman päästötavoitteen päästöt ylittävät kaikki kolme taakanjakomallia noin vuoteen 2045 asti. Vuodesta 2045 eteenpäin ehdottomat tavoitteet yhtenevät ehdollisten tavoitteiden kanssa, ja ovat reiluja Triptych-mallin perusteella. Lisäksi vuonna 2050 tavoitteet ovat reiluja myös Equal Cost -mallin perusteella. Näiden

lisäksi ehdolliset tavoitteet alittavat Triptych-mallin raja-arvot vuosina 2020–2030 ja 2040–2050. Kaikki tavoitteet ovat liian korkeita Multistage-mallissa.



Kuva 13: Meksikon päästötavoitteet ja raja-arvot Triptych-, Equal Cost ja Multistage-taakanjakomalleissa [17][18][9]

Meksikon vuoden 2050 tavoitteen etuna on, että se ei ole sidottu talouskasvuun. Meksikon vuoden 2050 tavoite on annettu ensimmäisen kerran vuonna 2007, ja taakanjakomallin tutkimus on tehty vuonna 2008. Tämä osaltaan selittää, miksi tämä tavoite sopii hyvin kahteen eri taakanjakomalliin. Muiden tavoitteiden eduksi voidaan huomioda, että taakanjakomallit eivät ota huomioon päästövähennysten epälineaarisuutta: Jyrkimvät vähennykset Meksikossa ovat vuoden 2035 jälkeen. Kokonaisuudessaan Meksikon tavoitteiden suunta ja osuvuus taakanjakomallien kanssa on hyvä.



Selkeyden vuoksi kuvan 13 päästötavoitteisiin on jätetty noin 5 prosentin LULUCF-sektorin päästöt, jotka eivät kuulu taakanjakomalleihin [9]. Nämä voi halutessaan vähentää, mikä ei kuitenkaan merkittävästi muuta tulosta. Jos tutkimus uusittaisiin huomioiden LULUCF-sektori ja hiilinielut, Meksikon tulokset eivät heikentyisi, koska maan LULUCF-sektori toimii kokonaisuudessaan hiilinieluna.

Tutkituista maista Meksikon kohdalla tämän vertailun tarkkuus on kaikkein paras. Taakanjakomallin tutkimuksessa Meksiko muodostaa oman alueensa. Kolmesta taakanjakomallista Multistage on Meksikon kohdalla hyvin tiukka. [9]

### 8.1.2 SWOT-analyysi

Kuvassa 14 on esitetty Meksikon vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta.

Meksikon aktiivisuus ilmastoasioissa on poikkeuksellista kehittyvälle valtiolle. Maan tavoitteita tukevat lait esimerkiksi Meksikon yleinen ilmastonmuutoslaki 2012 ja energian siirtymislaki 2015. Ero esimerkiksi presidentin tai kongressin asetukseen on merkittävä, koska asetukset voidaan kumota saman vallanpitäjän toimesta. Tavoitteiden asettaminen pitkälle tähtäimelle vuodelle 2050 asti ovat selkeä vahvuus, joka erottaa Meksikon muista kehittyvistä valtioista. Lakien olemassaolon takia Meksikon ilmastotavoitteiden luomisjärjestelmä, tavoitteiden seuranta ja dokumentointi on vahvaa. Meksiko tutkii erilaisia taloudellisia keinoja päästöjen vähentämiseksi ja maassa on käytössä hiilivero. Vastaavat järjestelmät ovat muissa maissa harvinaisia.

Meksikon energiasektorin uudistukset ovat vasta alkuvaiheessa. Muutokset sähköntuotantoon ja rakenteisiin vaativat aikaa ja heikentävät Meksikon kykyä lisätä esimerkiksi sähkön uusiutuvaa tuotantoa. Edistystä uusiutuvien energianlähteiden kohdalla on kuitenkin jo tapahtunut. Mahdollinen heikkous päästöissä on niiden suurin aiheuttaja liikenne. Tässä sektorissa päästövähennykset voivat olla kalliita ja vaikeita toteuttaa.

	Vahvuudet	Heikkoudet
Sisäinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktiivisuus</li> <li>• Lakirakenne</li> <li>• Tavoitteet</li> <li>• Taloudelliset ohjauskeinot</li> <li>• Uusiutuvien resurssit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiasektori</li> <li>• Liikenteen päästöt</li> </ul>
	Mahdollisuudet	Uhat
Ulkoinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aurinko- ja tuulivoima</li> <li>• Kansainvälinen tuki</li> <li>• Parempi ilmanlaatu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suhteet Yhdysvaltojen kanssa</li> <li>• Tavoitteiden vaativuus</li> </ul>

Kuva 14: Meksikon vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta

Jos Pariisin ilmastopimus toteutuu onnistuneesti, on Meksiko yksi monista hyötyjistä. Meksikon alttius ilmastonmuutokselle on suuri. Koska Meksikon öljyntuotannon kannattavuus on tippunut, maalla ei ole erityistä syytä hidastella siirtymistä uusiutuviin energianlähteisiin, joiden potentiaali on suuri.

Aurinko- ja tuulivoiman kustannusten laskiessa yksityisten yritysten investoinnit kasvavat. Vähäpäästöisempi talous parantaa ilmanlaatua Meksikon metropoleissa, joka hyödyttää suoraan monia kansalaisia.

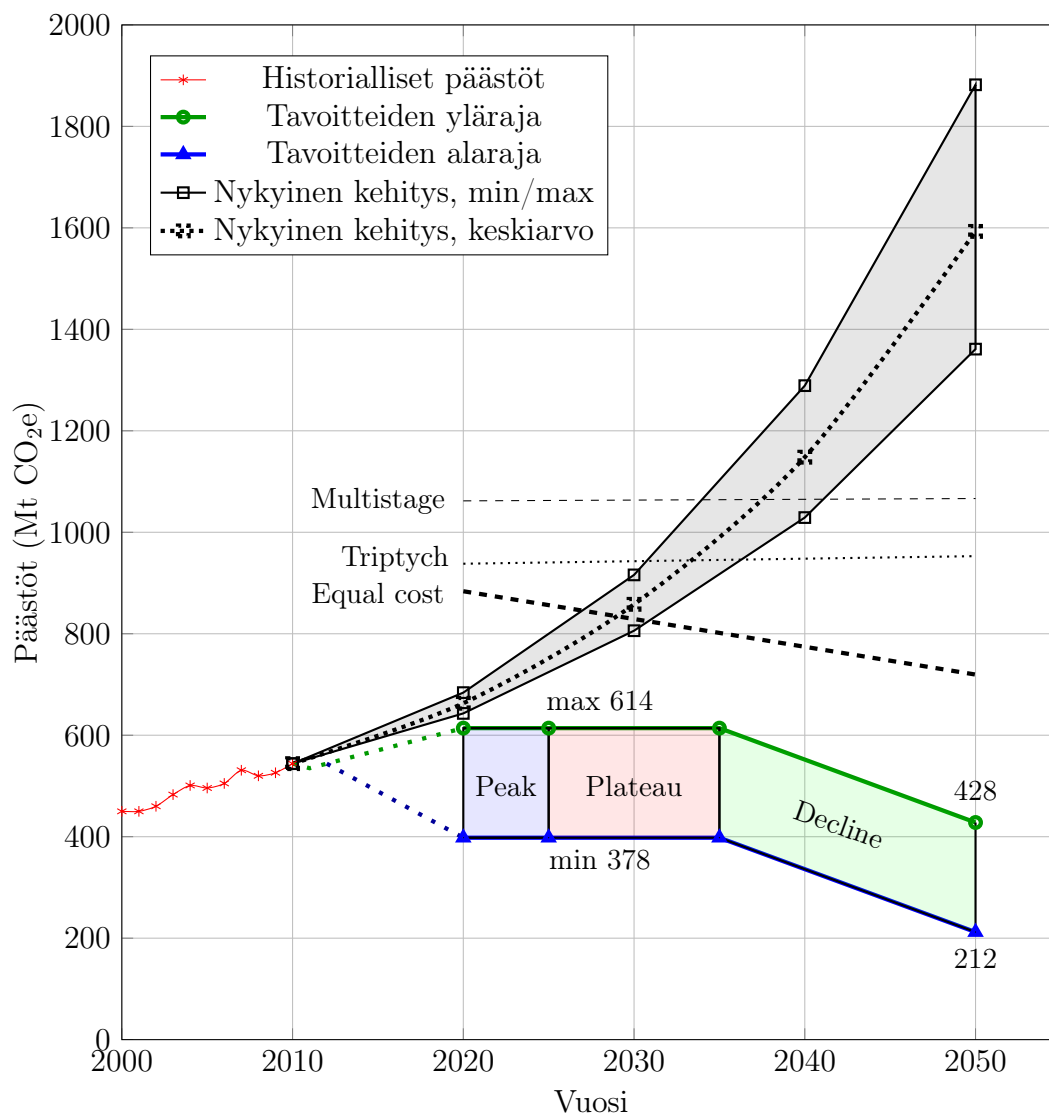
Meksikon ilmastotavoitteet ja niiden vaativuus ovat lähempänä teollistuneiden valtioiden tavoitteita. Koska Meksiko on vasta alkuvaiheessa uudistuksien toteuttamisen kanssa, voi ongelmia näiden tavoitteiden toteuttamisessa tapahtua. Tavoitteita voivat vaarantaa myös suhteet Yhdysvaltojen kanssa. Yhdysvalloista tuodaan Meksikoon paljon maakaasua, jolla tuotetaan suurin osa Meksikon sähköstä. Pariisin ilmastopimuksen kunnianhimoisempia tavoitteiden ehtona on mainittu yhteistyö Pohjois-Amerikan kanssa [18]. Trumpin hallinnon kanta ilmastomuutokseen ja Yhdysvaltojen irtautuminen Pariisin ilmastopimuksesta ei edistä tätä yhteistyötä.

## 8.2 Etelä-Afrikka

### 8.2.1 Päästötavoitteiden arviointi

Kuvassa 15 Etelä-Afrikan “Peak-Plateau-Dcline”-päästöjen vähennysstrategiaa verrataan Triptych-, Multistage- ja Equal Cost -taakanjakomallien raja-arvoihin. Lisäksi kuvassa on Etelä-Afrikan arvio päästöjen kehityksestä normaaliin tapaan. Multistage- ja Triptych-taakanjakomalleissa Afrikan alueen vastuu päästövähennyksistä on kaikkein pienin maailman alueista. Näiden mallien muodostamat raja-arvot ovat liki suorat, eivätkä edellytä päästöjen laskua vuoteen 2050 mennessä. Sen sijaan Equal cost -mallissa, joka vain optimoi kustannuksia, päästörajat edellyttävät laskua. Kuvasta voidaan nähdä miten Etelä-Afrikan nykyiset päästötavoitteet sopivat helposti kaikkiin kolmeen taakanjakomalliin. Päästöjen kehitys normaalisti ilman vähennystoimia alittaa taakanjakomallien raja-arvot ennen vuosia 2026–2030 (Equal Cost), 2031–2035 (Triptych) ja 2032–2041 (Multistage). Etelä-Afrikan nykyisiä päästötavoitteita voi kuvaajan perusteella pitää erinomaisina.

Etelä-Afrikan raja-arvojen kohdalla on mahdollisesti jonkin verran virhettä. Raja-arvot on saatu olettamalla Etelä-Afrikan päästöjen osuuden koko Afrikan päästöistä pysyvän melko samana. Todennäköisesti tämä approksimaatio on kuitenkin melko hyvä, koska Etelä-Afrikka on alueensa korkeapäästöisin ja kehittynein.



Kuva 15: Etelä-Afrikan päästötavoitteet, päästöjen kehitys ja raja-arvot Triptych-, Multistage- ja Equal Cost -taakanjakomalleissa [59][44][9]

### 8.2.2 SWOT-analyysi

Kuvassa 16 on esitetty Etelä-Afrikan vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta.

Etelä-Afrikan vahvuudet ovat maan selkeät tavoitteet ja asennoituminen ilmastomuutokseen. Etelä-Afrikka pitää ilmastomuutosta vakavana uhka-

na ja se näkyy maan aktiivisuutena kansainvälisissä neuvotteluissa. Etelä-Afrikan ilmastomuutosta koskevat julkaisut ovat parantuneet huomattavasti kansainvälisen tuen ansiosta. Vaikka maassa hyödynnetään laajalti korkeapäästöistä hiilivoimaa, on niitä hallittu laeilla. Etelä-Afrikassa käytiin oikeudenkäynti, joka esti uuden hiilivoimalan rakentamisen ja edellytti sen ympäristövaikutusten arvioinnin. Oikeudenkäynnissä vastaajana ollut ympäristöministeriö vetosi ettei pakollinen ympäristövaikutusten arviointi kuulu mihinkään Etelä-Afrikan lakiin tai ilmastosuunnitelmaan [49]. Tämä oikeudenkäynti voi mahdollisesti olla ennakkotapaus, joka tekee vähintään uusien yksityisten hiilivoimalaitosten rakennuslupien saamisen vaikeaksi, koska niiden ympäristövaikutusta verrataan aurinko- ja tuulivoimaan.

Suurin heikkous Etelä-Afrikassa tällä hetkellä on valtionyhtiö ESKOM. Maan sähköntuotanto on tehotonta ja kallista. Sähkökatkokset ja tuotanto-ongelmat on toistaiseksi korjattu, mutta ne aiheuttivat suuria taloudellisia vahinkoja sekä ESKOM:ille että koko maalle. ESKOM:in omistamien hiilivoimaloiden toimivuus vaihtelee ja maa on joutunut turvautumaan kalliisiin OCGT-voimaloihin. ESKOM ei ole hyödyntänyt runsasta aurinko- tai tuulivoimaa tuotannossaan riittävän tehokkaasti. Toisaalta ESKOM:in valtavat ongelmat ovat kehittäneet Etelä-Afrikan uusiutuvien energianlähteiden ja yksityisten sähköntuottajien tukea.

Toinen heikkous Etelä-Afrikassa on ilmastotavoitteiden toteutus. Valtion nykyinen presidentti ja hallitus on edistänyt maan ilmastomuutoksen vastaista toimintaa, ja ottanut erilaisen linjan verrattuna muuhun Afrikkaan. On kuitenkin epäselvää miten päästövähennykset toteutetaan. Provinssien ja alempien hallintotasojen osallistuminen ei ole riittävää. Jos päästöt tippuvat, on vaikea sanoa johtuvatko ne vain ESKOM:n ongelmista tuottaa korkeapäästöistä sähköä vai erillisistä vähennystoimista.

	Vahvuudet	Heikkoudet
Sisäinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktiivisuus</li> <li>• Päästölait</li> <li>• Päästötavoitteet</li> <li>• Yksityinen sähköntuotanto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ESKOM</li> <li>• Sähköntuotanto</li> <li>• Tavoitteiden sitovuus</li> <li>• Tavoitteiden toteutus</li> <li>• Koordinaatio</li> </ul>
	Mahdollisuudet	Uhat
Ulkoinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aurinko- ja tuulivoima</li> <li>• Kansainvälinen tuki</li> <li>• Köyhien asema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliittiset epävakaudet</li> <li>• Suunnitelmien suosiminen</li> <li>• Epäselvä tulevaisuus sähköntuotannossa</li> </ul>

Kuva 16: Etelä-Afrikan vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta

Etelä-Afrikalla on erittäin hyvät mahdollisuudet kasvattaa aurinko- ja tuulivoimaa erittäin nopeasti. On mahdollista, että aurinko- ja tuulivoima ovat tehokkain ja halvin tapa tuottaa sähkö Etelä-Afrikassa [56]. Ei ole kuitenkaan selvää siirtyykö sähköntuotanto aurinko- ja tuulivoimapainotteiseksi. Sopi-

mukset uudesta ydinvoimasta Venäjän kanssa kaatuivat hiljattain korkeimmassa oikeudessa [57]. Mahdollisesti Etelä-Afrikka voi uusia nämä sopimukset tai sähkö tuotetaan muilla keinoilla. Olisi tärkeää, että Etelä-Afrikassa hyväksyttäisiin uusi integroitu resurssisuunnitelma (IRP), joka määrittelee sähköntuotannon rakenteen. Vuoden 2013 IRP ei toteunut, mutta jää nähtäväksi miten käy vuoden 2016 versiolle. Päästöjen kannalta ydinvoima tai uusiutuvat ovat molemmat hyvä vaihtoehto.

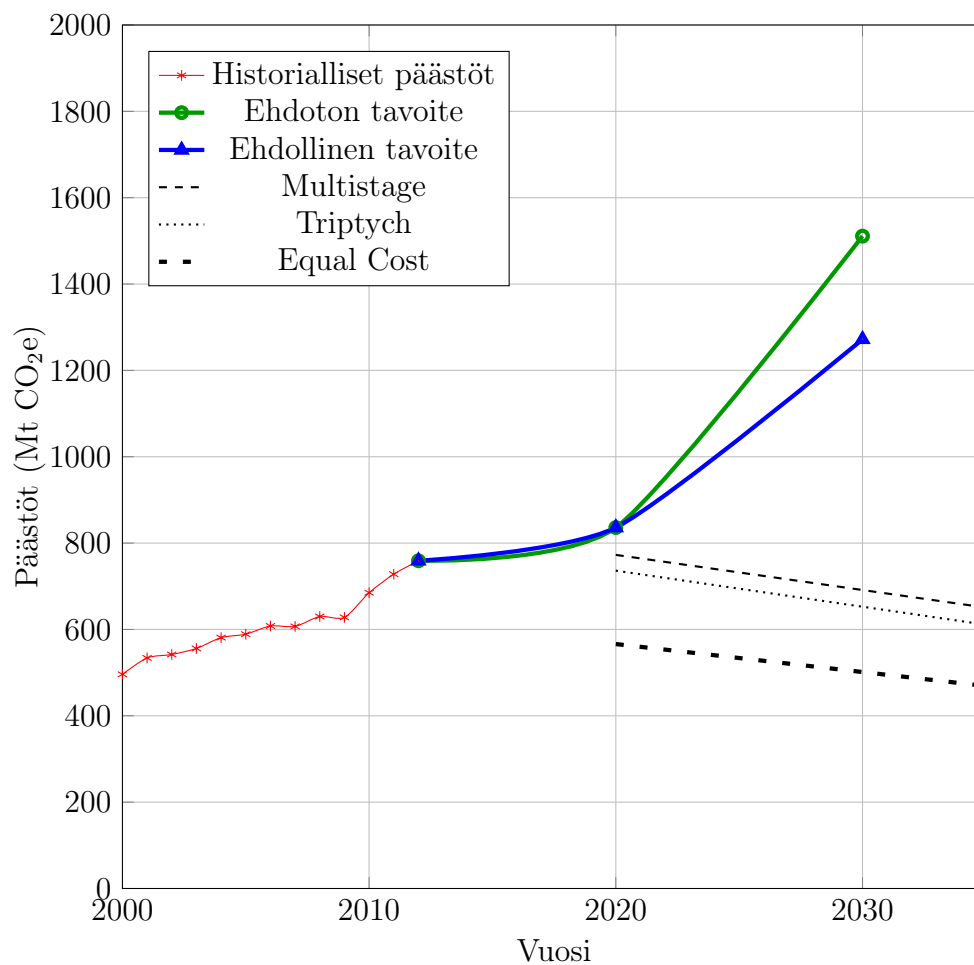
Lähes kaikki Etelä-Afrikan ilmastotavoitteet on toteutettu presidentti Jacob Zuman johdolla. Presidentin merkitys Etelä-Afrikan tavoitteiden kannalta on vaikea arvioida, mutta maassa hyödynnetään laajalti yleisluonteisia suunnitelmia lakien sijaan. Presidentti Zuman asema on ollut tänä vuotena epävakaa [98][99][100].

Pariisin ilmastopimuksen toteutuminen voi parantaa Etelä-Afrikan kansalaisten asemaa. Ilmastomuutoksen haitalliset vaikutukset vaikuttavat pahiten köyhään väestöön. Pariisin ilmastopimuksen kansainvälinen tuki voi parantaa köyhien asemaa suojautua ilmastomuutokselta. Lisäksi parannuksia ilmanlaatuun hiilivoimaloiden alueilla voi tapahtua, jos voimalat lakkautetaan tai päivitetään vähäpäästöisiksi.

Puutteistaan huolimatta Etelä-Afrikan nykyinen tilanne on ilmastotavoitteiden kannalta suotuisa. ESKOM:in huono kyky hyödyntää hiiltä sähkön tuotannossa ja yksityisen sähköntuotantoprojektin menestys johtavat Etelä-Afrikkaa kohti vähäpäästöisempään taloutta.

## 8.3 Indonesia

### 8.3.1 Päästötavoitteiden arviointi



Kuva 17: Indonesian päästötavoitteet ja raja-arvot Triptych-, Equal Cost- ja Multistage-taakanjakomalleissa [71][72][9]

Kuvassa 17 vertaillaan Indonesian ehdollisia ja ehdottomia päästötavoitteita Triptych-, Multistage- ja Equal Cost -taakanjakomallien raja-arvoihin. Kaikkien kolmen taakanjakomallin päästöraajat tiukentuvat vähitellen. Indonesian kohdalla Equal cost on huomattavasti ankarampi kuin muut taakanjakomallit. Kuvasta voidaan nähdä miten Indonesian päästöt ylittävät kaikki taakan-



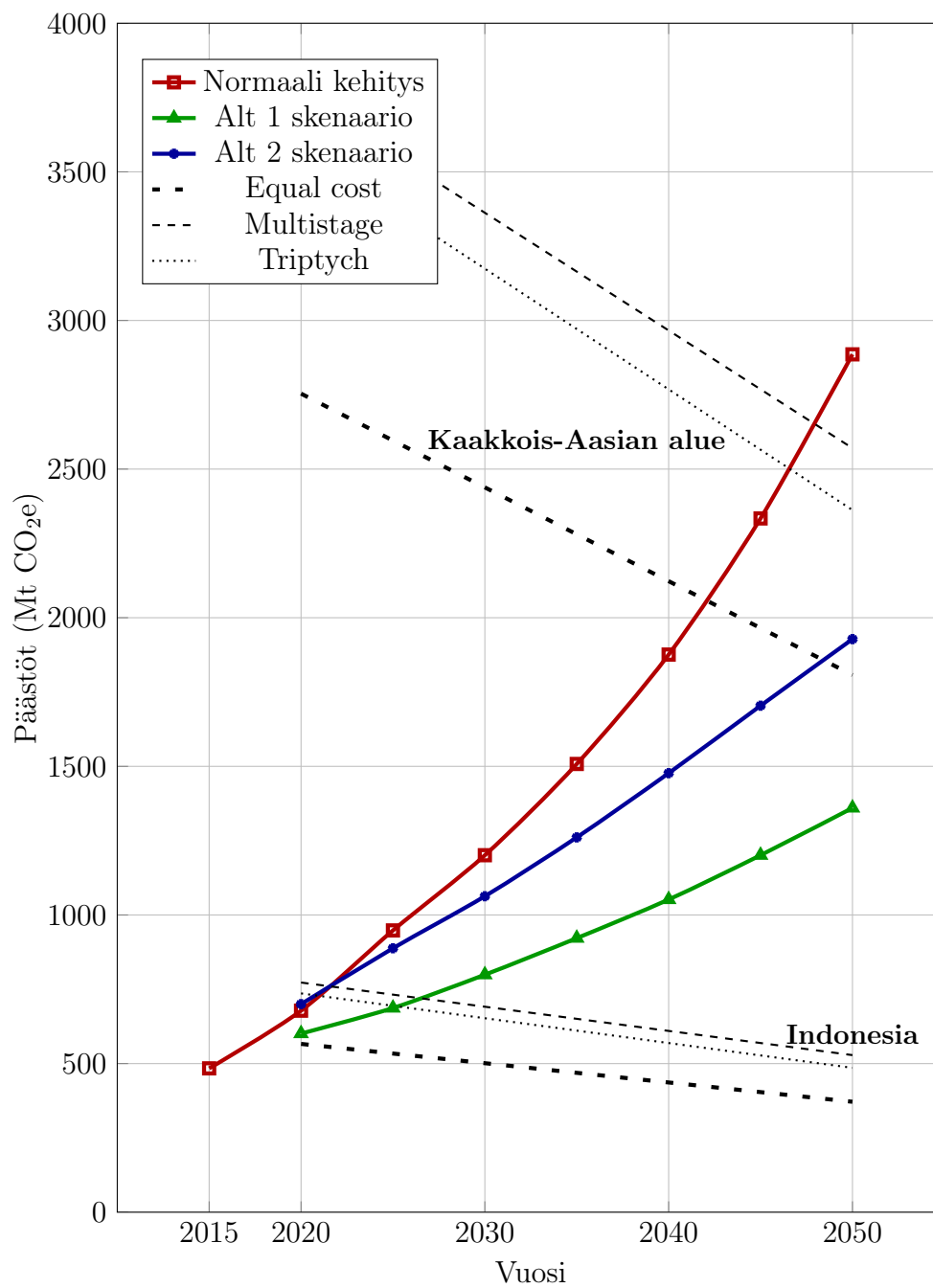
jakomallit. Lisäksi päästöt ovat selkeästi vähennystavoitteiden kanssa edelleen kasvusuuntaiset, mutta taakanjakomallien rajat ovat laskevat. Tavoitteet on asetettu vain vuodelle 2030, mikä tekee vertailuajasta lyhyen.

Indonesian kohdalla virheen osuus on iso. Hyvin todennäköisesti taakanjakomallien raja-arvot ovat liian ankarat. Käytetyissä taakanjakomalleissa Indonesia on osa Kaakkois-Aasian aluetta, ja kuvassa 15 olevat raja-arvot Indonesialle on tehty oletuksella, että Indonesian päästöjen osuus alueesta pysyy samana, mikä ei todennäköisesti pidä paikkaansa.

Koska kuvasta 17 ei saada riittävästi tietoa, kuvassa 16 hyödynnetään Indonesian energianeuvoston eri skenaarioita energiasektorin päästöjen kehityksestä ja verrataan niitä taakanjakomalleihin. Koska Indonesian taakanjakomallien raja-arvojen tiedetään olevan liian matalat, kuvassa 16 ovat lisäksi koko Kaakkois-Aasian taakanjakoalueen raja-arvot. Todelliset raja-alueet Indonesialla sijaitsevat jossain näiden kahden välissä. Energiasektorin osuus Indonesian päästöistä (ilman LULUCF) on noin 80 prosenttia, mutta muiden sektoreiden kasvu ja päästövähennyspotentialiaali on pieni [72].

Kuvassa 18 voidaan nähdä Indonesian päästöjen kasvun olevan hyvin nopeaa. Pelkästään energiasektorin Alt 2-skenaario saavuttaa koko Kaakkois-Aasian alueen Equal Cost-raja-arvon. Normaali kehitys (5,6 prosentin talouskasvulla) ylittää koko Kaakkois-Aasian taakanjakorajat. Energiasektorin päästöjen suunta on kasvava vuodesta 2020–2050, mutta taakanjakomallit edellyttävät laskua.

Indonesian nykyiset päästötavoitteet eivät ole riittävät pidemmällä aikavälillä, mikä johtuu puuttuvasta päästökatoista. Vaikka taakanjakomalleissa ja kuvassa 16 esiintyy virhettä, Indonesian kehitys ylittää todennäköisesti taakanjakomallit. Jos tuloksissa otettaisiin huomioon LULUCF-sektorin päästöt, Indonesian tilanne heikentyisi entisestään.



Kuva 18: Indonesian energiasektorin kehitysskenaariot ja raja-arvot Equal Cost-, Triptych- ja Multistage-taakanjakomalleissa [73][9]

### 8.3.2 SWOT-analyysi

Kuvassa 19 on esitetty Indonesian vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta.

Indonesiassa on mittava monesta laista koostuva tukirakenne ilmastopoliittikkaa varten. Suurimmaksi osaksi ilmastoasioissa käytössä ovat presidentin asetukset, joiden sitovuus on lakia alhaisempi ja ne voidaan kumota samalla asteella eli presidentin päätöksellä. Päätöksenteko ja eri ministeriöiden rooli on vielä epäselvä, mutta edistystä on tapahtunut.

Indonesian energiassektori on hyvin toimiva ja pystyy kasvattamaan sähkön-tuotantoa nopeasti. Tällä hetkellä näyttää siltä, että Indonesia suoriutuu asettamistaan tavoitteista hyvin energiassektorin osalta. LULUCF-sektorin päästöt on huomioitu tavoitteissa, mutta edistystä metsäkadon hillitsemisissä ei ole tapahtunut. Ongelmat eivät johdu Indonesian halusta muuttaa tilan-netta, vaan hajautetusta hallinnosta, korruptiosta ja muista tekijöistä. Pääs-töjen raportointi on kuitenkin parantunut.

Vaikka Indonesiassa on paljon uusiutuvan energianresursseja, osaa ei ole hyö-dynnetty vielä juuri ollenkaan (aurinko- ja tuulivoima), liian vähän (geoter-minen voima) tai ne sijaitsevat huonoilla alueilla (tuuli- ja vesivoima). Bio-polttoaineiden rooli on hankala johtuen sademetsien tuhoamisesta esimerkik-si palmuöljyplantaasien luomiseksi. Suunnitelmissa Indonesian vähäpäästöi-set energioresurssit kasvavat valtavasti. Valitettavasti myös fossiilisten polt-toaineiden käyttö kasvaa hyvin paljon. Indonesian tavoite tuoda sähkö koko kansalle lyhyellä aikavälillä voi johtaa fossiilisten polttoaineiden suosimiseen, jos vähäpäästöisyys ei ole mahdollista.

Indonesian metsien- ja turvealuiden häviämisen pysäyttäminen on maan oman edun lisäksi myös kansainvälisesti haluttu lopputulos. REDD+ tuki ja sade-metsien pelastaminen on suuri mahdollisuus Indonesialle. Suuret metsäalueet toimisivat tulevaisuudessa mittavana hiilinieluna. Indonesian metsät sisältä-vät 10 % maailman kasveista, 12 % maailman nisäkkäistä, 16 % maailman lisko- ja sammakkoeläimistä ja 17 % maailman lintulajeista [101].

Koska Indonesian ilmastotavoitteet eivät tällä hetkellä sisällä päästökattoa tai pitkän tähtäimen tavoitteita, Pariisin ilmastopöimiuksen edetessä Indo-nesialla on tilaa kehittää ja luoda parempia ilmastotavoitteita. Koska Indone-sian väkiluku ja sähköntarve on suuri, voivat energiassektorin päästöt kasvaa erittäin nopeasti ja hallitsemattomasti. Jos tämän lisäksi metsien häviämistä ei pysäytetä, Indonesian kokonaispäästöt voivat olla tulevaisuudessa maail-man korkeimpia.

	Vahvuudet	Heikkoudet
Sisäinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paljon lainsäädäntöä</li> <li>• Energiasektori ja sen tavoitteet</li> <li>• Luonnonresurssit</li> <li>• LULUCF-sektorin huomiointi tavoitteissa</li> <li>• Päästöjen valvonta ja raportointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vastuualueet</li> <li>• Fossiiliset polttoaineet</li> <li>• Kehityksen suunta</li> <li>• Tavoitteiden suuruus</li> <li>• Tavoitteiden riippuvuus talouskasvusta</li> <li>• LULUCF-sektori</li> <li>• Hajautettu hallinto</li> </ul>
	Mahdollisuudet	Uhat
Ulkoinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REDD+ tuki ja metsien suojelu</li> <li>• Puhtaat energianlähteet</li> <li>• Tavoitteiden kehittäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sademetsien katoaminen</li> <li>• Fossiilisten polttoaineiden suosiminen</li> <li>• Päästöjen valtava kasvu</li> </ul>

Kuva 19: Indonesian vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat ilmastotavoitteiden kannalta

## Luku 9

# Johtopäätökset

Taakanjakomallien perusteella Meksikon päästötavoitteet ovat tällä hetkellä melko hyvät. Päästöjen kehitys näyttää hyvältä ja pitkän tähtäimen tavoitteet vuodelle 2050 sopivat kahteen eri taakanjakomalliin. Lisäksi SWOT-analyysin perusteella Meksikon vahvuudet energiasektorin ja ilmastonmuutoksen vastaisessa toiminnassa ovat suurempia kuin heikkoudet. Maalla on myös selkeitä kannustimia vähentää päästöjään.

Etelä-Afrikan tavoitteet ovat taakanjakomallien perusteella tutkituista maista kaikkein parhaimmat. Koska taakanjakomallit toimivat alueellisesti, se parantaa huomattavasti Etelä-Afrikan tuloksia. Kehittyvälle valtiolle päästöjen tasaantuminen ja kääntyminen laskuun seuraavan kymmenen vuoden sisällä on Pariisin ilmastopimuksen mukainen. Maa ei selviydy yhtä hyvin SWOT-analyysistä. Erityisesti tulevaisuuden kehityksestä tekee epävarman Etelä-Afrikan monet heikkoudet energiasektorissa. Nämä heikkoudet eivät päästöjen kannalta ole kuitenkaan vielä merkittävät. Näyttää siltä, että maa on siirtymässä vähäpäästöiseen energiantuotantoon enimmäkseen talous- ja tehokkuussyistä. Riski valtavasta päästökasvusta Etelä-Afrikassa on pieni.

Indonesia suoriutui tutkituista kolmesta maasta heikoiten taakanjakomallien ja SWOT-analyysin perusteella. Suurin ongelma maassa on LULUCF-sektorin ja turvepalojen aiheuttamat päästöt. Vaikka näitä päästöjä ei huomioida, maan päästötavoitteet eivät ole taakanjakomallien perusteella riittävät. Toisaalta Indonesia todennäköisesti suoriutuu asettamistaan tavoitteistaan hyvin ainakin energiasektorin osalta. Maan monet vahvuudet esimerkiksi uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisessä voivat kääntää päästöt laskuun tulevaisuudessa. Tämä edellyttää vahvempia tavoitteita ja parannuksia päätöksentekorakenteissa.

# Kirjallisuutta

- [1] UNFCCC, “Background on the unfccc.” [Verkkosivu] [http://unfccc.int/essential\\_background/items/6031.php](http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php). Viitattu 9.10.2017.
- [2] UNFCCC, “Report of the conference of the parties on its thirteenth session, held in bali from 3 to 15 december 2007,” 2008. <https://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf>. Decisions adopted by the Conference of the Parties. Viitattu 9.10.2017.
- [3] UNFCCC, “Report of the conference of the parties on its sixteenth session, held in cancun from 29 november to 10 december 2010,” 2011. <https://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>. Decisions adopted by the Conference of the Parties. Viitattu 9.10.2017.
- [4] Department of Environmental Affairs DEA, “Ghg inventory for south africa 2000-2010,” 2014. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/zafnir1.pdf>. Viitattu 30.8.2017.
- [5] Department of Environmental Affairs DEA, “South africa’s 1st biennial update report,” 2014. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/zafbur1.pdf>. Viitattu 30.8.2017.
- [6] UNFCCC, “Report of the conference of the parties on its seventeenth session, held in durban from 28 november to 11 december 2011,” 2012. <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a01.pdf>. Decisions adopted by the Conference of the Parties. Viitattu 9.10.2017.
- [7] UN, “Paris agreement,” 2015. [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php). Viitattu 10.10.2017.
- [8] G. Phylipsen, J. Bode, K. Blok, H. Merkus, and B. Metz, “A triptych sectoral approach to burden differentiation; ghg emissions in the european bubble,” *Energy Policy*, vol. 26, no. 12, pp. 929 – 943, 1998.

- [9] T. Ekholm, S. Soimakallio, S. Syri, N. Höhne, and S. Moltmann, “Assessing the effort sharing for greenhouse gas emission reductions in ambitious global climate scenarios,” *VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus*, vol. 2453, pp. 1–78, 2008.
- [10] SEMARNAT-INECC, “First biennial update report to the united nations framework convention on climate change,” 2015. [http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/reporting\\_on\\_climate\\_change/items/8722.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php). Viitattu 5.8.2017.
- [11] World Bank, “Land area (sq. km),” 2016. Saatavilla <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.K2>. Viitattu 12.11.2017.
- [12] World Bank, “Forest area ( Saataavilla <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS>. Viitattu 12.11.2017.
- [13] IEA, *Mexico Energy Outlook*. IEA, 2016.
- [14] World Bank, “Population, total,” 2016. Saatavilla <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>. Viitattu 12.11.2017.
- [15] World Bank, “Gdp (current us dollars),” 2016. Saatavilla <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>. Viitattu 12.11.2017.
- [16] UNFCCC, “National greenhouse gas inventory data for the period 1990-2013,” 2015. [http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3800.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3800.php). Viitattu 5.8.2017.
- [17] UNFCCC, “Intended nationally determined contribution,” 2015. <http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>. Viitattu 12.10.2017.
- [18] SEMARNAT-INECC, “Mexico’s climate change mid-century strategy,” 2016. [http://unfccc.int/focus/long-term\\_strategies/items/9971.php](http://unfccc.int/focus/long-term_strategies/items/9971.php). Viitattu 5.8.2017.
- [19] Federal Government of Mexico, “National climate change strategy. 10-20-40 vision,” 2013. [https://www.transparency-partnership.net/sites/default/files/encc\\_englishversion.pdf](https://www.transparency-partnership.net/sites/default/files/encc_englishversion.pdf). Viitattu 23.10.2017.
- [20] Diario Oficial de la Federación DOF, “Ley general de cambio climático,” 2012. [http://www.inecc.gob.mx/descargas/2012\\_lgcc.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/2012_lgcc.pdf). Viitattu 5.8.2017.

- [21] SEMARNAT, “Special climate change program 2014-2018 (sccp 2014-2018),” 2014. <http://www.iea.org/media/workshops/2015/15thghgtradingworkshop/SpecialClimateChangeProgram20142018Englishversion.pdf>. Viitattu 12.10.2017.
- [22] SEMARNAT-INECC, “Informe nacional de calidad del aire 2014, México,” 2014. [http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2015\\_Informe\\_nacional\\_calidad\\_aire\\_2014\\_Final.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2015_Informe_nacional_calidad_aire_2014_Final.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [23] WHO Regional Office for Europe, *Air Quality Guidelines Global Update 2005: Particulate Matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (A EURO Publication)*. World Health Organization, 2006.
- [24] A. Garlati, “Climate change and extreme weather events in latin america: An exposure index,” 2013. <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5654/Climate%20Change%20and%20Extreme%20Weather%20Events%20in%20Latin%20America%3A%20An%20Exposure%20Index.pdf;sequence=1> Viitattu 23.11.2017.
- [25] R. Monterroso, A. Fernández, R. Trejo, C. Conde, J. Escandon, L. Vil- lers, and C. Gay, “Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México,” 2014. <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA> Viitattu 6.10.2017.
- [26] IPCC, “Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. part b: Regional aspects. contribution of working group ii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change,” 2014. [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.
- [27] Secretaría de Energía SENER, “Energy information system, national energy balance,” 2016. <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas&language=en>. Viitattu 3.10.2017.
- [28] BP, “Bp statistical review of world energy ju- ne 2016,” 2016. <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>. Viitattu 10.11.2017.



- [29] Secretaría de Energía SENER, “Prospectiva de gas natural 2016-2030,” 2016. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva\\_de\\_Gas\\_Natural\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva_de_Gas_Natural_2016-2030.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [30] Secretaría de Energía SENER, “Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030,” 2016.
- [31] Comisión Federal de Electricidad CFE, “Informe anual,” 2015. <http://www.cfe.gob.mx/inversionistas/informacionareguladores/Documents/Informe%20Anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf>. Viitattu 23.11.2017.
- [32] Secretaría de Energía SENER, “Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030,” 2016. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177626/Prospectiva\\_del\\_Sector\\_Elctrico\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177626/Prospectiva_del_Sector_Elctrico_2016-2030.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [33] Secretaría de Energía SENER, “Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2017-2031 prodesen,” 2017. <http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf>. Viitattu 12.10.2017.
- [34] Secretaría de Energía SENER, “Prospectiva de energías renovables 2016-2030,” 2016. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [35] MéxicoCO2 Plataforma Mexicana de Carbono. [Verkkosivu] <http://www.mexico2.com.mx/> Viitattu 13.11.2017.
- [36] Reuters, 2016. <https://www.reuters.com/article/us-mexico-environment/mexico-announces-launch-of-cap-and-trade-pilot-program-idUSKCN10R00B> Viitattu 13.11.2017.
- [37] INECC, “Evaluación estratégica del programa especial del cambio climático 2014-2018. informe final,” 2017. Saatavilla [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261388/Informe\\_evaluacion\\_PECC\\_final\\_limpio\\_1\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/261388/Informe_evaluacion_PECC_final_limpio_1_.pdf) Viitattu 23.11.2017.
- [38] Diario Oficial de la Federación DOF, “Ley de transición energética,” 2015. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>. Viitattu 23.11.2017.

- [39] Diario Oficial de la Federación DOF, “Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética,” 2013. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/laerfte/LAERFTE\\_abro.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/laerfte/LAERFTE_abro.pdf). Viitattu 12.10.2017.
- [40] Department of Environmental Affairs DEA, “South africa’s first annual climate change report,” 2016. [http://www.environment.gov.za/otherdocuments/reports/monitoring\\_climatechange\\_responses](http://www.environment.gov.za/otherdocuments/reports/monitoring_climatechange_responses). Viitattu 3.10.2017.
- [41] Statistics South Africa, “Environmental economic accounts compendium,” 2015. <http://www.statssa.gov.za/publications/Report-04-05-20/Report-04-05-202015.pdf>. Viitattu 3.10.2017.
- [42] International Energy Agency IEA, “Africa energy outlook,” 2014. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WE02014\\_AfricaEnergyOutlook.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WE02014_AfricaEnergyOutlook.pdf). Viitattu 30.8.2017.
- [43] Department of Environmental Affairs DEA, “Draft ghg national inventory report south africa 2000-2012,” 2016. <http://cer.org.za/wp-content/uploads/2014/02/Draft-GHG-Inventory-Report-SA.pdf>. Viitattu 7.8.2017.
- [44] Department of Environmental Affairs DEA, “Mitigation report south africa’s greenhouse gas mitigation potential analysis,” 2014. <https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/mitigationreport.pdf>. Viitattu 30.8.2017.
- [45] World Health Organization WHO, “Who global urban ambient air pollution database (update 2016),” 2016. Saattavilla: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/). Viitattu 7.4.2017.
- [46] The Presidency, “National environment management: Air quality act 2004,” 2004. [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nema\\_amendment\\_act39.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nema_amendment_act39.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [47] International Energy Agency IEA, “Energy and air pollution, world energy outlook special report,” 2016. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>. Viitattu 30.8.2017.

- [48] Department of Energy DoE, “Integrated resource plan update: Assumptions, base case results and observations revision 1,” 2016. [http://www.doe-irp.co.za/content/irp2010\\_updatea.pdf](http://www.doe-irp.co.za/content/irp2010_updatea.pdf). Viitattu 30.8.2017.
- [49] High Court of South Africa, “Earthlife africa johannesburg v minister of environmental affairs and others (65662/16) [2017],” 2017. <http://www.saflii.org/za/cases/ZAGPPHC/2017/58.pdf>. Viitattu 2.11.2017.
- [50] Department of Energy DoE, “Energy statistics, energy balances,” 2013. [http://www.energy.gov.za/files/energyStats\\_frame.html](http://www.energy.gov.za/files/energyStats_frame.html). Viitattu 3.4.2017.
- [51] International Energy Agency IEA, “Key coal trends excerpt from: Coal information (2016 edition),” 2016.
- [52] Eskom, “Eskom integrated report 2016,” 2016. [http://www.eskom.co.za/OurCompany/Investors/IntegratedReports/Pages/Annual\\_Statements.aspx](http://www.eskom.co.za/OurCompany/Investors/IntegratedReports/Pages/Annual_Statements.aspx). Viitattu 7.11.2017.
- [53] B. G. Pollet, I. Staffell, and K.-A. Adamson, “Current energy landscape in the republic of south africa,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 40, no. 46, pp. 16685 – 16701, 2015.
- [54] Department of Energy DoE, “Integrated resource plan for electricity (irp) 2010-2030 revision 2 final report,” 2011. [http://www.energy.gov.za/IRP/irp%20files/IRP2010\\_2030\\_Final\\_Report\\_20110325.pdf](http://www.energy.gov.za/IRP/irp%20files/IRP2010_2030_Final_Report_20110325.pdf). Viitattu 30.8.2017.
- [55] Department of Energy DoE, “Integrated resource plan for electricity (irp) 2010-2030 update report 2013,” 2013. [http://www.doe-irp.co.za/content/irp2010\\_updatea.pdf](http://www.doe-irp.co.za/content/irp2010_updatea.pdf). Viitattu 30.8.2017.
- [56] T. Bischof-Niemz, R. van Heerden, C. Mushwana, and J. Wright, “Least cost electricity mix for south africa optimisation of the south african power sector until 2050,” 2017. [http://www.crses.sun.ac.za/files/news/CSIR\\_BischofNiemz\\_pp.pdf](http://www.crses.sun.ac.za/files/news/CSIR_BischofNiemz_pp.pdf). Viitattu 7.8.2017.
- [57] High Court of South Africa, “Earthlife africa johannesburg and another v minister of energy and other (19529/2015) [2017],” 2017. <http://www.saflii.org/za/cases/ZAWCHC/2017/50.pdf>. Viitattu 2.11.2017.
- [58] A. Eberhard, K. Kolker, and J. Leighand, “South africa’s renewable energy ipp procurement program: Success factors and lessons,” 2014. <http://www.gsb.uct.ac.za/files/ppiafreport.pdf>. Viitattu 23.11.2017.

- [59] UNFCCC, “South africa’s intended nationally determined contribution,” 2015. <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/South%20Africa%20First/South%20Africa.pdf>. Viitattu 15.8.2017.
- [60] Department of Energy DoE, “Department of energy: Vote 26 annual report 2015/2016,” 2016. <http://www.energy.gov.za/files/Annual%20Reports/DoE-Annual-Report-2015-16.pdf>. Viitattu 30.10.2017.
- [61] K. Knorr, B. Zimmermann, S. Bofinger, A.-K. Gerlach, T. Bischof-Niemz, and C. Mushwana, “Wind and solar pv resource aggregation study for south africa,” 2016. [https://www.csir.co.za/sites/default/files/Documents/Wind%20and%20Solar%20PV%20Resource%20Aggregation%20Study%20for%20South%20Africa\\_Final%20report.pdf](https://www.csir.co.za/sites/default/files/Documents/Wind%20and%20Solar%20PV%20Resource%20Aggregation%20Study%20for%20South%20Africa_Final%20report.pdf). Viitattu 30.3.2017.
- [62] F. Bryukhan and R. Diab, “Wind energy resource estimation of the upper atmosphere over southern africa,” *Journal of Applied Meteorology*, vol. 34, Nov 1995.
- [63] Scenario building team, “Long term mitigation scenarios: Scenario document,” 2007. [https://open.uct.ac.za/bitstream/handle/11427/16804/Scenario\\_Building\\_Team\\_Long\\_Term\\_Mitigation\\_2007.pdf?sequence=1](https://open.uct.ac.za/bitstream/handle/11427/16804/Scenario_Building_Team_Long_Term_Mitigation_2007.pdf?sequence=1). Viitattu 30.8.2017.
- [64] South African Government, “Constitution of the republic of south africa, 1996 - chapter 2: Bill of rights,” 1996. <http://www.gov.za/documents/constitution/chapter-2-bill-rights>. Viitattu 30.8.2017.
- [65] Department of Environmental Affairs DEA, “Draft south africa’s 2nd biennial update report,” 2016. [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/reports/2ndBUR2000\\_2012\\_draftforpubliccomments.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/reports/2ndBUR2000_2012_draftforpubliccomments.pdf). Viitattu 30.8.2017.
- [66] Department of Energy DoE, “Integrated energy plan,” 2016. <http://www.energy.gov.za/files/IEP/2016/Integrated-Energy-Plan-Report.pdf>. Viitattu 30.8.2017.
- [67] South African Government, “National climate change response white paper,” 2011. [http://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/national\\_climatechange\\_response\\_whitepaper.pdf](http://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/national_climatechange_response_whitepaper.pdf). Viitattu 30.8.2017.

- [68] Directorate General of Climate Change, Ministry of Environment and Forestry, “Indonesia first biennial update report (bur),” 2015. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/idnbur1.pdf>. Viitattu 8.10.2017.
- [69] IEA, *Energy Policies Beyond IEA Countries : Indonesia 2015*. Paris: IEA, 2015.
- [70] M. of Environment and Forestry, “National forest reference emission level for redd+ in the context of decision 1/cpl6 paragraph 70,” 2015. [http://redd.unfccc.int/files/national\\_frel\\_for\\_redd\\_in\\_indonesia\\_2015.pdf](http://redd.unfccc.int/files/national_frel_for_redd_in_indonesia_2015.pdf). Viitattu 8.5.2017.
- [71] UNFCCC, “Intended nationally determined contribution republic of indonesia,” 2015. [http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Indonesia/1/INDC\\_REPUBLIC%20OF%20INDONESIA.pdf](http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Indonesia/1/INDC_REPUBLIC%20OF%20INDONESIA.pdf). Viitattu 8.5.2017.
- [72] Ministry of National Development Planning BAPPENAS, “Developing indonesian climate mitigation policy 2020-2030 through ran-grk review,” 2015. [http://www.sekretariat-rangrk.org/images/documents/Background\\_Doc\\_INDC-RAN-GRK\\_Review\\_2015.pdf](http://www.sekretariat-rangrk.org/images/documents/Background_Doc_INDC-RAN-GRK_Review_2015.pdf). Viitattu 20.11.2017.
- [73] National Energy Council, “Indonesia energy outlook 2016,” 2016. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/outlook\\_energi\\_indonesia\\_2016\\_opt.pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/outlook_energi_indonesia_2016_opt.pdf). Viitattu 15.11.2017.
- [74] Republic of Indonesia, “Law of the republic of indonesia no.30 year 2007 on energy,” 2007. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ins79317.pdf>. Viitattu 10.10.2017.
- [75] Republic of Indonesia, “Presidential regulation of the republic of indonesia no. 61 year 2011 on the national action plan for greenhouse gas emissions reduction,” 2011. <http://forestclimatecenter.org/files/2011-09-20%20Presidential%20Regulation%20No%2061%20on%20The%20National%20Action%20Plan%20for%20Greenhouse%20Gas%20Emission%20Reduction.pdf>. Viitattu 23.11.2017.
- [76] IPCC, “Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. part a: Global and sectoral aspects. contribution of working group ii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change,” 2014. [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken,

- P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- [77] A. W. Situmorang, A. Nababan, A. N. Tarigan, H. Kartodihardjo, M. Safitri, P. Soeprihanto, and Sunaryo, "The 2014 indonesia forest governance index executive summary," 2014.
- [78] B. A. Margono, P. V. Potapov, S. Turubanova, F. Stolle, and M. C. Hansen, "Primary forest cover loss in indonesia over 2000-2012," *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 730–735, 08 2014. Date revised - 2015-03-01; Last updated - 2016-07-07; SubjectsTermNotLitGenreText - Climate change; Conservation; Wetlands; Greenhouse gases; Land use; Logging; Mitigation; Landforms; Emissions; Biological diversity; Forests; National forests; Brazil; Indonesia.
- [79] A. Wijaya, R. Sugardiman, B. Budiharto, A. c. Tosiani, D. Murdiyarso, and L. Verchot, "Assessment of large scale land cover change classifications and drivers of deforestation in indonesia," vol. 40, pp. 557–562, 2015. cited By 1.
- [80] L. Tacconi, "Firest in indonesia: Causes, costs and policy implications," 2003. CIFOR Occasional Paper No.38. Saatavilla: [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-038.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-038.pdf) Viitattu 16.11.2017.
- [81] R. Darmawan, S. Klasen, and N. Nuryartono, "Migration and deforestation in indonesia," EFForTS Discussion Paper Series 19, University of Goettingen, Collaborative Research Centre 990 "EFForTS, Ecological and Socioeconomic Functions of Tropical Lowland Rainforest Transformation Systems (Sumatra, Indonesia)", 2016.
- [82] M. Schmitz, "Strengthening the rule of law in indonesia: the eu and the combat against illegal logging," *Asia Europe Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 79–93, 2016.
- [83] V. Vijay, S. L. Pimm, C. N. Jenkins, and S. J. Smith, "The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss," *PLOS ONE*, vol. 11, pp. 1–19, 07 2016.
- [84] C. Luttrell, I. A. P. R. Resosudarmo, E. Muharrom, M. Brockhaus, and F. Seymour, "The political context of redd+ in indonesia: Constituencies for change," *Environmental Science and Policy*, vol. 35, pp. 67 – 75, 2014. Climate change and deforestation: the evolution of an intersecting policy domain.

- [85] Republic of Indonesia and Kingdom of Norway, “Cooperation on reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation,” 2010. [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/smk/vedlegg/2010/indonesia\\_avtale.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/smk/vedlegg/2010/indonesia_avtale.pdf). Viitattu 8.10.2017.
- [86] Financial Times, “The great land rush / indonesia: Save the earth,” 2016. [Verkkosivu] <https://ig.ft.com/sites/land-rush-investment/indonesia/> Viitattu 24.10.2017.
- [87] M. Brockhaus, K. Obidzinski, A. Dermawan, Y. Laumonier, and C. Luttrell, “An overview of forest and land allocation policies in indonesia: Is the current framework sufficient to meet the needs of redd+?,” *Forest Policy and Economics*, vol. 18, pp. 30 – 37, 2012. Emerging Economic Mechanisms for Global Forest Governance.
- [88] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Handbook of energy and economic statistics of indonesia 2014,” 2014. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-2014-it06jkm.pdf>. Viitattu 15.10.2017.
- [89] Republic of Indonesia, “Regulation of the government of the republic of indonesia no. 79 year 2014 on the national energy policy,” 2014. <http://prokum.esdm.go.id/pp/2014/PP%20Nomor%2079%202014.pdf>. Viitattu 23.11.2017.
- [90] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Electricity statistics 2015 (statistik ketenagalistrikan),” 2016. <http://www.djk.esdm.go.id/pdf/Buku%20Statistik%20Ketenagalistrikan/Statistik%20Ketenagalistrikan%20T.A.%202016.pdf>. Viitattu 23.11.2017.
- [91] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Performance accountability report 2015 (laporan akuntabilitas kinerja instansi pemerintah lakip-kesdm),” 2015. [https://www.esdm.go.id/assets/media/content/LAKIP\\_ESDM\\_2015.pdf](https://www.esdm.go.id/assets/media/content/LAKIP_ESDM_2015.pdf). Viitattu 23.11.2017.
- [92] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Electricity supply business plan 2016-2025 (rencana usaha penyediaan tenaga listrik),” 2016. <http://www.djk.esdm.go.id/pdf/RUPTL/RUPTL%20PLN%202016-2025.pdf>. Viitattu 23.11.2017.
- [93] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Electricity supply business plan 2017-2026 (rencana usaha penyediaan tenaga listrik),” 2016. <https://djk.esdm.go.id/pdf/RUPTL/RUPTLVitattu> 18.11.2017.

- [94] Ministry of Energy and Mineral Resources, “Renstra kesdm 2015-2019 rencana strategis kementerian energi dan sumber daya mineral (strategic plan of ministry of energy and mineral resources),” 2015.
- [95] PwC, “Power in indonesia investment and taxation guide 4th edition,” 2016. <http://www.pwc.com/id/en/energy-utilities-mining/assets/power/power-guide-2016.pdf>. Viitattu 8.5.2017.
- [96] Ministry of National Development Planning BAPPENAS, “Laporan pelaksanaan perpres no.61/2011 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca tahun 2015,” 2016. [http://www.sekretariat-rangrk.org/images/documents/RAN-GRK\\_Laporan\\_Tahun\\_2015.pdf](http://www.sekretariat-rangrk.org/images/documents/RAN-GRK_Laporan_Tahun_2015.pdf). Viitattu 20.11.2017.
- [97] Republic of Indonesia, “Rencana umum energi nasional,” 2017. Saatavilla: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rencana-umum-energi-nasional-ruen.pdf>. Viitattu 16.11.2017.
- [98] CNN, “South african president zuma survives attempt to oust him,” 2017. [Verkkoartikkeli] <https://edition.cnn.com/2017/08/08/africa/zuma-south-africa-vote/index.html>. Viitattu 22.11.2017.
- [99] Bloomberg, “South africa’s zuma rejects tax allegations,” 2017. [Verkkoartikkeli] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-29/south-africa-s-president-jacob-zuma-rejects-tax-allegations> Viitattu 22.11.2017.
- [100] T. Telegraph, “South african currency plunges after jacob zuma fires finance minister in cabinet purge,” 2017. [Verkkoartikkeli] <http://www.telegraph.co.uk/news/2017/03/31/south-african-currency-plunges-jacob-zuma-fires-finance-minister/> Viitattu 22.11.2017.
- [101] Land Resources Department/Bina program, “The land resources of indonesia: A national overview from regional physical planning programme for transmigration (reppprot),” 1990.